

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ÁREA INGENIERIA TÉRMICA



GRADO INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

***Instalación solar para ACS y piscina
climatizada en un hotel de la costa mediterránea***

AUTOR: MARIO RUIZ RAYÁN

TUTOR: PEDRO ACISCLO RODRÍGUEZ AUMENTE

Cláusula de Salvaguarda: Este Trabajo Fin de Grado tiene un propósito exclusivamente académico, que se concreta en probar la capacidad de su autor para hacer aplicación y síntesis de los conceptos y técnicas aprendidos durante la realización de los estudios tendentes a la obtención del Título de Graduado en Ingeniería Mecánica de acuerdo a los requisitos de la UC3M. Por dicho motivo, no se autoriza su utilización por personal ajeno a la realización del mismo, no haciéndose ni su autor ni su director o tutor, responsables de los daños y perjuicios directos o indirectos que pudiera ocasionar la aplicación de los conceptos, técnicas, metodologías y/o resultados en él contenidos.

INDICE

Objetivo del proyecto.....	9
1.- Introducción.....	10
1.1.- Fuentes de energía.....	11
1.2.- Las energías renovables.....	12
1.3.- La energía solar.....	18
1.4.- Energía solar térmica.....	23
1.4.1.- Ámbitos de aplicación.....	24
1.4.2.- Ventajas.....	25
1.4.3.- Objetivos.....	26
1.4.4.- Esquema básico de una instalación.....	27
1.4.5.- Subsistemas de la instalación.....	28
1.4.5.1.- Sistema de captación.....	28
1.4.5.2.- Sistema almacenamiento de energía.....	31
1.4.5.3.- Sistema de intercambio.....	35
1.4.5.4.- Sistema de apoyo.....	38
1.4.6.- Clasificación de las instalaciones solares térmicas.....	39
1.4.7.- Incorporación instalación solar para ACS.....	41
1.4.8.- sistema solar en piscinas cubiertas.....	43
1.4.9.- Mantenimiento de la instalación.....	43
2.- Descripción de la instalación y consumos.....	49
2.1.- Localización.....	49
2.2.- Datos de la demanda.....	50
3.- Dimensionado componentes de la instalación.....	57
3.1.- Captadores.....	57
3.1.1.- Elección.....	63
3.1.2.- Pérdidas.....	64
3.1.3.- Montaje.....	66
3.2.- Aplicación Mathcad.....	67
3.3.- Anticongelante.....	98
3.4.- Acumuladores.....	100
3.5.- Intercambiadores de calor.....	101
3.6.- Disipador de energía.....	102
3.7.- Tuberías.....	104
3.7.1.- Aislamiento.....	105

3.7.2.- Pérdidas de carga.....	107
3.8.- Vaso de expansión.....	109
3.9.- Bomba de circulación.....	110
3.10.- Purgadores de aire.....	113
3.11.- Sistema de seguridad.....	114
4.- Impacto ambiental.....	115
5.- Presupuesto.....	117
5.1.- Equipamiento solar.....	117
5.2.- Equipamiento hidráulico.....	117
6.- Estudio económico.....	118
7.- Conclusiones.....	122
Bibliografía.....	124
Anexo 1.....	125
Anexo 2.....	126

ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 : Producción mundial de energía eléctrica [2]</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 2: Generación eléctrica en España [3]</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 3: Producción energías renovables en España [3]</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 4: Consumo energías renovables [3].....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 5: Posición de la Tierra con respecto al Sol. [13]</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 6: Evolución energías renovables en España [13].....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 7: Mapa solar en España. La cifra superior representa la energía en KWh que incide por m2. En la inferior el número de horas de sol al año. [13].....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 8: Ejemplo sistema captación solar. [14].....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 9: Sistema solar térmico, uso doméstico. [14].....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 10 Esquema básico de una instalación solar térmica. [14]</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 11: Componentes captador solar. [15]</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 12: Curvas características del rendimiento de dos captadores solares. [14] 31</i>	
<i>Ilustración 13: Esquema de temperaturas del captador solar. [14].....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 14: Conexión acumuladores. [13]</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 15: Depósito recubierto en su interior por una superficie aislante, intercambiador integrado. [12].....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 16: Tipos de intercambiadores de calor. [18]</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 17: Instalación de circulación natural. [12]</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 18: Instalación de circulación forzada. [12].....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 19: Integración de la producción de ACS con energía solar térmica en la instalación de producción de ACS centralizada; recirculación. [17].....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 20: Esquema instalación para ACS y climatización de piscina. [14]</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 21: Instantánea de la azotea del edificio y de la piscina.</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 22: Localización hotel.</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 23: Tabla demanda ACS estimada. [1]</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 24: Zonas climáticas. [1]</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 25: Irradiancia Alicante. [7]</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 26: Montaje en posición vertical de los captadores.</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 27: Conexión en serie de colectores.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 28: separación entre grupos de colectores recomendada por el fabricante. 67</i>	
<i>Ilustración 29: Disposición captadores solares en la cubierta del edificio.</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 30: Proporción de radiación difusa.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 31: Radiación difusa para tiempo solar.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 32: Irradiación diaria total y difusa.</i>	<i>80</i>

<i>Ilustración 33: Temperatura media ambiental (T_o) y temperatura del agua de la red de distribución (T_{red}).....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 34: Variación del consumo a lo largo del año.</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 35: Variación fracción solar y rendimiento medio.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 36: Potencia térmica demandada y la obtenida por los captadores.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 37: Evolución de la temperatura en los distintos puntos de la instalación. .</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 38: Datos del anticongelante utilizado. [20]</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 39: Porcentaje en volumen de anticongelante en la mezcla. [20].....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 40: Conexión acumuladores. [17]</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 41: Esquema instalación disipador de energía.</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 42: Disipador de energía.....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 43: Aislante tuberías.</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 44: Características aislante térmico.</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 45: Diagrama de Moody en tubos circulares.....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 46: Curva de funcionamiento de la bomba.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 47: Parámetros técnicos y de funcionamiento bomba de circulación.....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 48: Bomba de la instalación.</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 49: Características purgadores.....</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 50: Valor Actual Neto.....</i>	<i>122</i>

TABLAS

<i>Tabla 1: Diámetro tuberías. [11]</i>	36
<i>Tabla 2: Mantenimiento captadores. [1]</i>	45
<i>Tabla 3: Mantenimiento sistema acumulación. [1]</i>	46
<i>Tabla 4: Mantenimiento sistema de intercambio. [1]</i>	46
<i>Tabla 5: Mantenimiento sistema de captación. [1]</i>	46
<i>Tabla 6: Mantenimiento sistema eléctrico y de control. [1]</i>	47
<i>Tabla 7: Mantenimiento sistema auxiliar. [1]</i>	47
<i>Tabla 8: Consumos en metros cúbicos</i>	51
<i>Tabla 9: Porcentaje ocupación.</i>	55
<i>Tabla 10: Ocupación y consumo estimado.</i>	55
<i>Tabla 11: Consumos mensuales desglosados</i>	56
<i>Tabla 12: Contribución solar mínima para ACS. [1]</i>	58
<i>Tabla 13: Contribución solar mínima piscina. [1]</i>	59
<i>Tabla 14: Zonas climáticas. [1]</i>	59
<i>Tabla 15: Temperatura media durante las horas de sol. [9]</i>	62
<i>Tabla 16: Temperatura media del agua de red. [9]</i>	62
<i>Tabla 17: Tabla datos para Mathcad.</i>	63
<i>Tabla 18: Características captador solar.</i>	64
<i>Tabla 19: Porcentaje de pérdidas límite DBHE.</i>	65
<i>Tabla 20: TA, Datos Alicante.</i>	75
<i>Tabla 21: Número de días por mes</i>	76
<i>Tabla 22: Día medio de cada mes</i>	77
<i>Tabla 23: Consumo real.</i>	83
<i>Tabla 24: Consumo añadiendo el disipado</i>	83
<i>Tabla 25: Gastos máxicos mensuales.</i>	85
<i>Tabla 26: Valores mensuales del rendimiento medio.</i>	88
<i>Tabla 27: Fracción solar mensual.</i>	89
<i>Tabla 28: Potencia térmica demandada.</i>	89
<i>Tabla 29: Potencia obtenida por los captadores</i>	90
<i>Tabla 30: Datos mathcad en función de la inclinación de los captadores.</i>	92
<i>Tabla 31: Consumo desglosado con ocupación durante todo el año</i>	93
<i>Tabla 32: Consumos totales con ocupación durante todo el año.</i>	94
<i>Tabla 33: Consumo en litros, diferenciando el disipado</i>	104
<i>Tabla 34: Selección de disipador de energía.</i>	105
<i>Tabla 35: Espesores del aislamiento de las tuberías a distintas temperaturas (Tabla 39 RITE)</i>	107

<i>Tabla 36: Energía obtenida por los captadores solares.</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 37: Horas de sol útiles en función de la latitud del lugar.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 38: Equipamiento solar.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 39: Equipamiento hidráulico.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 40: Tarifas gas natural año 2014.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 41: Valor Actual Neto.</i>	<i>121</i>

ECUACIONES

<i>Ecuación 1: Día medio de cada mes.</i>	<i>76</i>
<i>Ecuación 2: Días por año.</i>	<i>76</i>
<i>Ecuación 3: Ángulo de declinación de la tierra.</i>	<i>77</i>
<i>Ecuación 4: Gastos básicos mensuales.</i>	<i>84</i>
<i>Ecuación 5: Potencia térmica necesaria.</i>	<i>85</i>
<i>Ecuación 6: Fracción solar obtenida.</i>	<i>88</i>

Objetivo del proyecto

El fin de este proyecto es el diseño, cálculo y presupuesto de una instalación de energía solar térmica para satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria necesaria para el consumo y para la climatización de una piscina de un hotel en la zona de Benidorm.

El documento parte de las necesidades específicas del establecimiento y sus principales motivaciones son:

- Justificación que las soluciones propuestas cumplen con las exigencias recogidas en el Código Técnico de la Edificación así como de las normas y ordenanzas que a este tipo de instalaciones competen, logrando alcanzar la contribución solar mínima de obligado cumplimiento en la ubicación estudiada.
- La reducción de utilización de energía de origen fósil convencional y el consecuente descenso de emisiones de CO₂.

1.-INTRODUCCIÓN

1.1- Fuentes de energía

Las fuentes de energía de la tierra se pueden dividir en dos grandes grupos: las energías renovables y las no renovables.

Las fuentes de energía no renovables son las que a escala humana no son capaces de crearse al mismo ritmo en que se consumen. En cambio, las fuentes de energía renovable son inagotables a escala humana y tienen, principalmente, un origen solar.

Las principales fuentes de energía primaria son:

Energías no renovables

- **Energía fósil:** Son el carbón, el gas natural y los productos petrolíferos. Son productos formados a partir de la descomposición parcial de grandes masas de seres vivos que vivieron hace millones de años.
- **Energía nuclear:** Consiste en energía de fisión y energía de fusión. La fisión o desintegración de ciertos núcleos pesados libera gran cantidad de energía en forma de calor que, mediante turbinas de vapor producen electricidad. La fusión consiste en aprovechar la energía liberada en el proceso de unión de dos átomos para producir un tercero de menor masa.

Energías renovables

- **Energía solar:** La captación directa de la radiación solar se puede aprovechar para producir calor (solar térmica) o para producir electricidad (solar fotovoltaica).
- **Energía eólica:** La energía del Sol calienta de forma desigual la superficie de la tierra provocando movimientos de la masa atmosférica en forma de energía cinética que es aprovechada por los aerogeneradores para producir energía eléctrica.
- **Energía hidráulica:** La energía acumulada en las masas de agua es transformada en electricidad a través de unas turbinas situadas en una cota inferior.

- **Energía de la Biomasa:** Se basa en la utilización de la energía química contenida en la materia orgánica y algunos residuos, utilizables como combustibles para la obtención de calor o la producción de electricidad. Su combustión no altera el balance de CO₂ en la atmósfera, ya que ésta absorbe la misma cantidad de CO₂ para su crecimiento que luego libera durante su combustión.
- **Energía geotérmica:** Es la energía derivada del calor almacenado en el interior de la tierra.
- **Energía del mar:** Es la energía de las mareas, la energía de las olas y la obtenida de los gradientes térmicos a distintas profundidades de los océanos.

1.2.- Las energías renovables

Panorama mundial

El consumo de energía, incluyendo el transporte, es en la actualidad la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes acidificante. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), la emisión de estos últimos contaminantes se ha reducido de un modo significativo gracias a la adopción de combustibles más limpios y al tratamiento de los gases de combustión. Pero mientras no disminuya el protagonismo de los combustibles fósiles en la cesta energética, los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático parecen estar abocados a aumentar. Una mayor eficiencia energética y un incremento del uso de las energías renovables son vistos como parte de la solución a este problema de índole mundial.

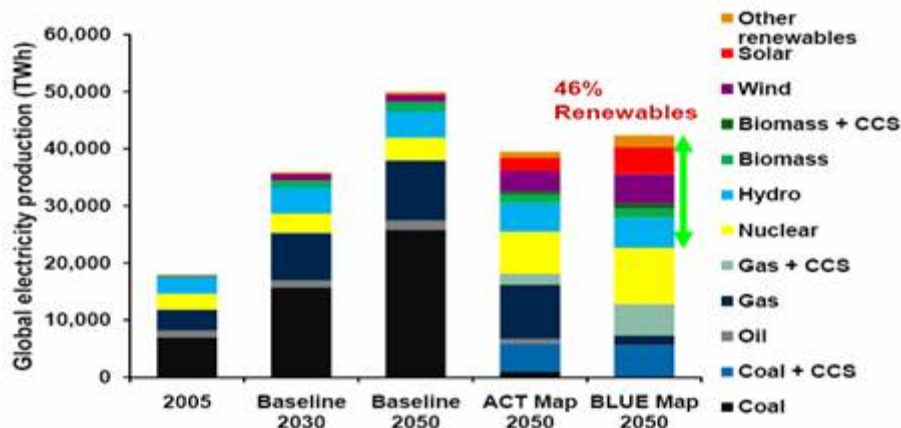


Ilustración 1 : Producción mundial de energía eléctrica [2]

Explicación ilustración 1:

El escenario del Mapa ACT implica la adopción de una amplia gama de tecnologías con costes marginales de hasta 50 USD por tonelada de CO2 ahorrada, cuando se comercialicen totalmente.

El escenario del Mapa BLUE exige el despliegue de todas las tecnologías que implican costes de hasta 200 USD por tonelada de CO2 ahorrada, cuando se comercialicen totalmente.

Frente a un entorno competitivo cada vez más rudo y violento, la inversión total de las energías renovables (excluyendo las grandes centrales hidroeléctricas) aumentaron en el año 2011 en un 17% a un récord de USD 257 billones de dólares, seis veces más que la cifra del 2004 y el 94% más alto que el total en 2007, un año antes de la crisis financiera mundial, dice el informe del PNUMA Tendencias mundiales de la inversión en energías renovables 2012. Las fuentes renovables han crecido para abastecer el 16,7% del consumo final de energía a nivel global.

En el sector energético, las energías renovables representan casi la mitad de los aproximadamente 208 gigavatios (GW) de capacidad eléctrica adicional en el mundo durante el año 2011. A finales del mismo año, el total de energías renovables a nivel mundial superó la capacidad eléctrica de 1360 GW, un 8% más que el 2010. Las energías renovables abarcan más de un 25% del total de la capacidad de generación de energía mundial (estimada en 5360 GW en 2011) y suministra aproximadamente el 20,3% de la electricidad mundial.

China siguió siendo el líder, con USD 52 billones de inversión en energías renovables, excluyendo las grandes centrales hidroeléctricas, seguido de cerca por los EE.UU. con USD 51 billones. Europa sigue siendo la región más grande de dólares invertidos, con USD 101 billones en 2011. Entre las otras grandes economías en vías de desarrollo, la estrella fue la India, donde la Misión Solar Nacional del país ha contribuido a estimular un aumento impresionante del 62% en la inversión en energía renovable a USD 12 billones, la expansión más rápida de la inversión de cualquier mercado de las energías renovables del mundo. En Brasil, hubo un aumento del 8% a USD 7 billones.

Por lo menos 118 países, más de la mitad de los cuales son países en vías de desarrollo, tuvieron intervenciones en energías renovables a principios del 2012, frente a 96 países un año antes, a pesar de tener cierta disminución en cuanto al apoyo de las políticas que se ha visto en los países desarrollados. Este debilitamiento se refleja presiones de austeridad, sobre todo en Europa, y el estancamiento legislativo en el Congreso de los EE.UU. El apoyo a la generación de energía renovable sigue siendo la opción más popular entre por lo menos unos 65 países y 27 estados que ya tienen tarifas de distribución de energías renovables (FITs).

Panorama nacional

La dependencia energética de España se sitúa en el 70,8%, muy por encima de la media de la Unión Europea (53,8%), según los últimos datos publicados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en el Balance Energético 2012. Esto supone que en España, del total de energía consumida, solamente el 29,2% corresponde a energía autóctona.

La energía primaria utilizada en España proviene en un 75,3% de combustibles fósiles altamente contaminantes (petróleo, gas y carbón). Esta característica del suministro energético nos aleja de los compromisos del Protocolo de Kioto (ratificado para el periodo 2013-2020), un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional, que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, como por ejemplo el CO₂.

Las energías renovables (no solamente) reducen las emisiones de gases de efecto invernadero al no generar CO₂, a la vez que también garantizan un suministro energético autóctono y seguro, sin dependencia de recursos o tecnologías externos.

Las energías renovables se han convertido en una parte importante del mix energético nacional, con una participación del 12,2% en la energía primaria y del 30,3% en la generación de electricidad en 2012.

Debido a las políticas llevadas a cabo por los dos últimos gobiernos, el sector de las renovables ha registrado en España un estancamiento, cuando no retroceso. Por ello, nuestro país ha perdido la posición de liderazgo que había conseguido alcanzar después de décadas de esfuerzo, tanto del sector público como del privado. Si en 2007 España se encontraba en la primera posición del ranking elaborado por "Ernst & Young" de los mejores países para invertir en energías renovables, en 2012 abandonaba el "top ten" para situarse en undécima posición.

España será uno de los países que incumpla en mayor medida sus propios objetivos de porcentaje de renovables en el año 2020 (fijado en un 20%), según un informe publicado por la Comisión Europea para analizar la situación de los Estados miembros en relación a la transposición de la Directiva de energías renovables (2009/28/CE).



Ilustración 2: Generación eléctrica en España [3]

Renovables. Potencia (MW) y producción eléctrica (GWh/año) por áreas tecnológicas						
	1990	2000	2002	2003	2004	2010
HIDRÁULICA (>10 MW)						
Potencia	16.553	16.379	16.399	16.399	16.418	16.778
Producción	23.481	27.432	22.274	38.573	29.590	31.494
HIDRÁULICA (<10 MW)						
Potencia	612	1.588	1.667	1.704	1.750	2.199
Producción	2.140	4.374	4.195	5.346	4.849	6.692
EÓLICA						
Potencia	7	2.292	4.892	6.236	8.156	20.155
Producción	13	4.689	9.604	12.065	15.559	45.511
BIOMASA (*)						
Potencia	106	150	288	331	344	2.039
Producción	616	841	1.852	2.116	2.214	14.015
BIOGÁS						
Potencia	—	50	73	125	141	235
Producción	—	307	473	758	825	1.417
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS						
Potencia	27	107	163	163	189	189
Producción	139	725	1.062	1.062	1.223	1.223
SOLAR FOTOVOLTAICA						
Potencia	3	12	20	27	37	400
Producción	6	18	31	40	55	609
SOLAR TERMOELÉCTRICA						
Potencia (MW)	0	0	0	0	0	500
Producción (GWh/año)	0	0	0	0	0	1.298
TOTAL						
Potencia	17.308	20.579	23.502	24.985	27.034	42.494
Producción	26.395	38.386	39.490	59.960	54.314	102.259

Ilustración 3: Producción energías renovables en España [3]

Consumo de energías renovables en España (ktep)					
	1990	2000	2004	2007	2010
MINIHIDRÁULICA (<10 MW)	184	376	417	333	575
HIDRÁULICA (>10 MW)	2.019	2.159	2.297	1.951	2.536
EÓLICA	1	403	1.338	2.385	3.914
BIOMASA*	3.753	3.630	4.107	4.574	9.208
BIOGÁS	—	125	275	339	455
BIOCARBURANTES	—	51	228	159	2.2000
R.S.U.	—	261	395	404	395
SOLAR TÉRMICA	22	31	54	95	376
SOLAR FOTOVOLTAICA	0	2	5	158	52
SOLAR TERMOELÉCTRICA	0	0	0	0,7	509
GEOTERMIA	3	8	8	8	8
TOTAL	5.983	7.047	9.124	10.407	20.228

Ilustración 4: Consumo energías renovables [3]

Impacto ambiental de la energía

Los procesos de captación, transformación y uso de la energía provocan importantes impactos sobre el medio ambiente, además del propio efecto de agotamiento progresivo de los recursos no renovables. Así, los daños más significativos suelen estar aso-

ciados a las emisiones atmosféricas contaminantes, a la contaminación de los medios terrestre y acuático y a la generación de residuos.

Entre los impactos más importantes derivados del uso de la energía y principalmente de la combustión de energías fósiles, se cuentan la lluvia ácida, el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono estratosférico y la contribución al aumento del ozono troposférico.

Los procesos de transformación de la energía y en concreto, la generación de energía eléctrica a partir de fuentes fósiles emiten a la atmósfera diferentes compuestos contaminantes, SO₂, CO₂ (principal gas de efecto invernadero) y metales pesados e hidrocarburos, responsables de la acidificación del suelo y las aguas naturales y del smog fotoquímico. El 90% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera tienen un origen energético.

La respuesta de la comunidad internacional a estos serios problemas ambientales se ha traducido en dos instrumentos jurídicos, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptada en 1992 y que entró en vigor en 1994, y el Protocolo de Kioto.

El objetivo de ambos instrumentos es luchar contra el cambio climático mediante una acción internacional de reducción de las emisiones de determinados gases de efecto invernadero responsables del calentamiento del planeta. Así, los compromisos derivados del Protocolo de Kioto pretenden reducir las emisiones de CO₂ un 5% a nivel mundial, un 8% para la UE y para España permitir un incremento máximo del 15%, límite que en la actualidad se ha sobrepasado ampliamente, situándose por encima del 40% respecto de 1990.

Las tecnologías a partir de recursos renovables juegan un papel destacado en la consecución de las políticas de freno del cambio climático, puesto que suponen una alternativa ventajosa desde el punto de vista ambiental frente a las opciones convencionales.

1.3.- La energía solar



El Sol es la principal fuente de energía para todos los procesos que tienen lugar en nuestro planeta. Localizado a una distancia media de 150 millones de kilómetros, tiene un radio de 109 veces el de la Tierra y está formado por gas a muy alta temperatura media de 150 millones de kilómetros, tiene un radio de 109 veces el de la Tierra y está formado por gas a muy alta temperatura. En su núcleo se producen continuamente reacciones atómicas de fusión nuclear que convierten el hidrógeno en helio. Este proceso libera

gran cantidad de energía que sale hasta la superficie visible del Sol (fotosfera), y escapa en forma de rayos solares al espacio exterior.

Se calcula que en el interior del Sol se queman cada segundo unos 700 millones de toneladas de hidrógeno, de las que 4,3 millones se transforman en energía. Una parte importante de esta energía se emite a través de los rayos solares al resto de planetas, lunas, asteroides y cometas que componen nuestro sistema solar. Más concretamente, hasta la Tierra llega una cantidad de energía solar equivalente a $1,7 \times 10^{14}$ kW, lo que representa la potencia correspondiente a 170 millones de reactores nucleares de 1.000 MW de potencia eléctrica unitaria, o lo que es lo mismo, 10.000 veces el consumo energético mundial.

Si se tiene en cuenta que las previsiones actuales apuntan a que, en los próximos 6.000 millones de años, el Sol tan solo consumirá el diez por ciento del hidrógeno que contiene en su interior, se puede asegurar que se dispone de una fuente de energía gratuita, asequible a todos (cualquier país puede disponer de ella) y respetuosa con el medio ambiente, por un periodo de tiempo prácticamente ilimitado.

No todas las superficies reciben la misma cantidad de energía. Así, mientras los polos son los que menor radiación reciben, los trópicos son los que están expuestos a una mayor radiación de los rayos solares. Esto tiene su explicación en el grado de inclinación de nuestro planeta con respecto al Sol ($23,5^\circ$).

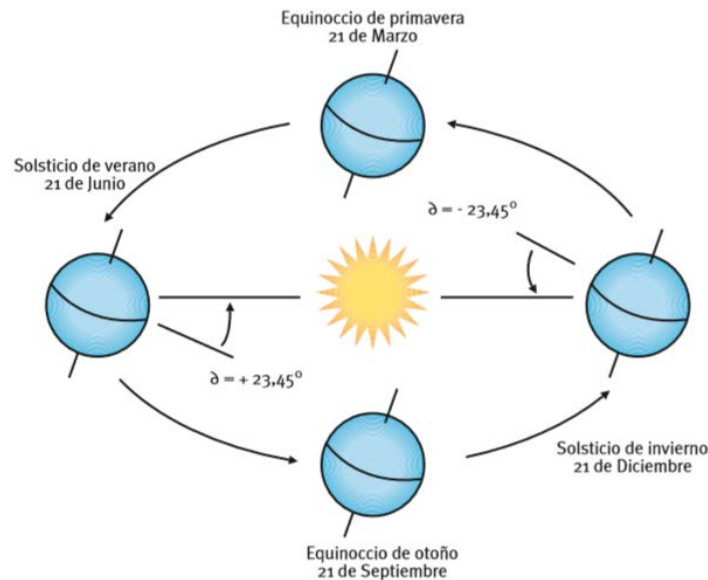


Ilustración 5: Posición de la Tierra con respecto al Sol. [13]

La intensidad de radiación no será igual cuando los rayos solares estén perpendiculares a la superficie irradiada que cuando el ángulo de incidencia sea más oblicuo, tal y como ocurre en los polos. La declinación del Sol, pues, es la razón de que los mayores valores de radiación no se produzcan en el ecuador sino en latitudes por encima y por debajo de los trópicos de Cáncer y Capricornio. En estas zonas es donde los rayos solares son más perpendiculares y atraviesan una capa atmosférica más fina hasta llegar a su destino.

Pero para establecer, con exactitud, la cantidad de energía que se puede aprovechar en un sitio concreto, también habrá que tener en cuenta otros aspectos como la hora del día, la estación del año y muy especialmente las condiciones atmosféricas. En los días nublados disminuirá considerablemente la intensidad de la radiación y por lo tanto el aporte energético que pueda recibir una instalación de energía solar térmica. Aunque la relación entre las variaciones en la nubosidad y la radiación solar es compleja, probablemente este factor es el más importante a la hora de poder calcular la energía que llega a un punto concreto de la superficie terrestre.

Energía solar en España

La suma de todas las variables anteriormente mencionadas permite conformar el mapa solar de una región determinada del planeta y establecer qué cantidad de energía media se podrá captar para su uso en el ámbito doméstico, industrial, etc.

En el caso concreto de España se juntan todos los requisitos para ser uno de los países europeos con mayor capacidad para recoger la energía del Sol:

- Una situación geográfica privilegiada, con una climatología envidiable. Situada entre los 36° y los 44° de latitud Norte, nuestro país recibe una intensidad de radiación solar muy superior a la de otras regiones del planeta (incluso por encima de las zonas ecuatoriales).
- España se ve particularmente favorecida con respecto a otros países de Europa por la gran cantidad de días sin nubes que disfruta al año. No en vano, sobre cada metro cuadrado de suelo inciden al año una media de 1.500 kWh de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur.

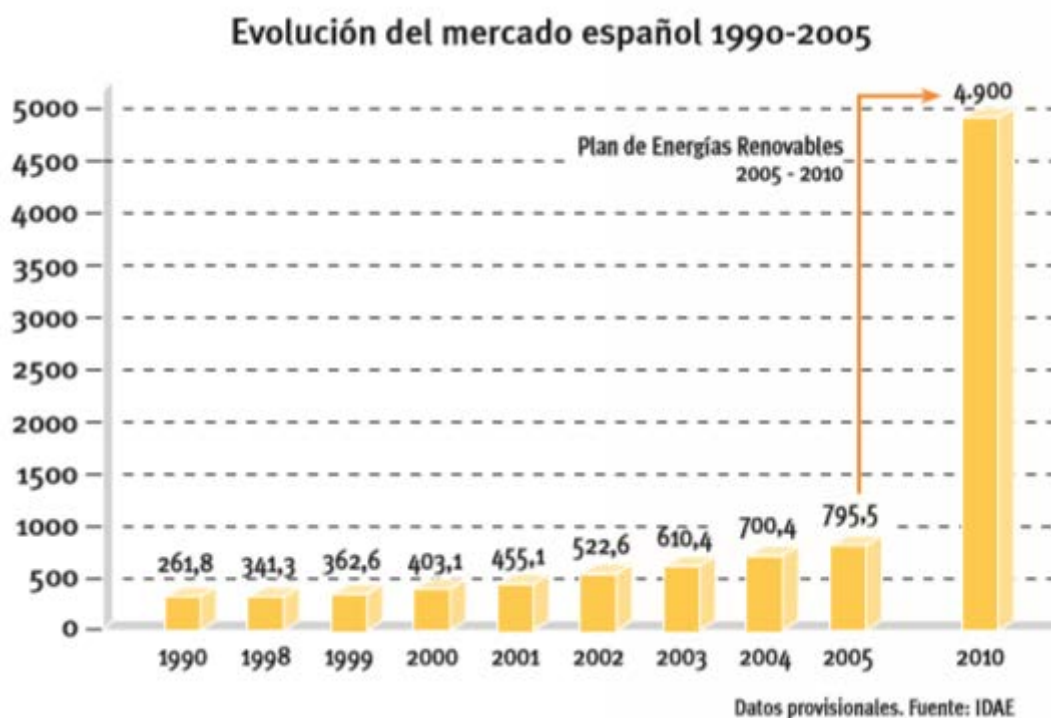


Ilustración 6: Evolución energías renovables en España [13]

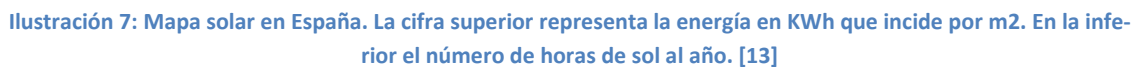
En esta última década, la aportación de energía solar térmica ha aumentado considerablemente en nuestro país, sobretudo, gracias a las ayudas públicas (línea CO-IDAE, CC.AA., y ordenanzas municipales), a la madurez del mercado en todos los sentidos, y a las grandes posibilidades que ofrece esta tecnología en un país con tantas horas de sol al año como España. De los 10.000 m² nuevos que se instalaban cada año en la década de los 90, se ha pasado a crecimientos medios por encima de los 60.000 m² en los primeros años de 2000, hasta llegar a los 90.000 en el año 2005.

Con todo, nuestro país aún se encuentra lejos de los objetivos nacionales fijados en el Plan de Energías Renovables (PER), que planteaba alcanzar una superficie instalada de 4,9 millones de metros cuadrados para el año 2010. Para ello, la entrada en vigor del

Código Técnico de la Edificación, que obliga a instalar un aporte de energía solar para agua caliente en todas las viviendas de nueva construcción, junto a las medidas y apuestas en marcha con anterioridad, dan un impulso definitivo a un mercado con excelentes perspectivas a medio y largo plazo. En la actualidad, el principal cliente de energía solar en España es el usuario particular que solicita la instalación de captadores solares de baja temperatura para el consumo de agua caliente sanitaria. En segundo lugar se encuentran los hoteles y restaurantes, en los que existe un creciente interés por este tipo de soluciones energéticas.

En cuanto al reparto del mercado por zonas geográficas, las comunidades autónomas con mayor superficie instalada son aquellas que cuentan con un clima más favorable para el aprovechamiento de la energía solar térmica. En este sentido destacan por sus cuotas de participación en el mercado Andalucía, Cataluña, Canarias, Baleares, la Comunidad Valenciana y Madrid, según orden de importancia. También se observa una mayor concentración de instalaciones solares en zonas turísticas o de alto nivel de renta.

Las provincias del sur de Andalucía y Canarias son las que concentran mayor número de horas de sol anuales, alcanzando las 3.000. Teniendo en cuenta que en la actualidad no se aprovecha ni el 10% de la energía que nos ofrece el Sol, las posibilidades de desarrollo son realmente espectaculares.



- **Energía solar fotovoltaica:** Este tipo de tecnología solar sirve para producir electricidad a partir de la radiación del sol mediante un dispositivo llamado célula fotovoltaica. Es el tipo de energía solar más comercial, pues su aplicación va desde proporcionar energía eléctrica a aparatos independientes a alumbrar completa-

mente una casa, alumbrado público o toda una ciudad mediante una planta de energía solar fotovoltaica.

- Energía solar térmica: Mediante colectores solares, este tipo de tecnología solar aprovecha la radiación solar para convertirla en calor y transferirla a un fluido que se utilizará para brindar agua caliente agua, calefacción o mover turbinas para generar electricidad.
- Energía Solar Híbrida: Esta tecnología combina cualquier tipo de energía solar con otro tipo de energía, sea renovable o no renovable, lo que le otorga mayor eficiencia al no depender totalmente del sol.

1.4.- Energía solar térmica

La energía solar térmica aprovecha la radiación del Sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable.

El panel solar capta los rayos del sol, absorbiendo de esta manera su energía en forma de calor, a través del panel solar se hace pasar un fluido (normalmente agua) de manera que parte del calor absorbido por el panel es transferido a dicho fluido, el fluido eleva su temperatura y es almacenado o directamente llevado al punto de consumo.

1. Mediante paneles térmicos que se pueden ubicar en los tejados de las casas, se puede aprovechar los rayos del Sol (radiación solar directa, difusa y reflejada) para calentar agua y dotar de calefacción a la vivienda.
2. Desde el panel, el líquido fluye a través de un circuito hidráulico, que se compone de tuberías, bombas, válvulas, etc. que se encargan de conducir el movimiento del fluido caliente desde el sistema de captación hasta el sistema de acumulación y desde éste a la red de consumo.
3. Un sistema de acumulación constituido por un depósito que almacena el agua caliente hasta que se precise su uso. Se denomina acumulador solar.
4. A partir de ahí, ingresa en un intercambiador de calor donde se calienta el agua que se empleará en la vivienda.

5. El agua sale de este intercambiador a una temperatura apta para su utilización (agua caliente). El líquido enfriado es llevado de nuevo hacia el colector solar para repetir el ciclo.

1.4.1.- Ámbitos de aplicación

Agua Caliente Sanitaria

El agua caliente sanitaria (ACS), es el suministro de agua de uso doméstico que se calienta para tener un mayor confort y mejor calidad de vida, con la diferencia de que en este caso se calienta por mediación de la energía solar.

Calefacción

Además de la utilización como A.C.S., también se puede destinar la energía captada por este método a calefacción de viviendas, por medio de radiadores o suelo radiante (la eficacia térmica es mayor y la temperatura de funcionamiento será mucho menor que la de los radiadores convencionales, en torno a 30-40°C).

Calentamiento de agua para Piscinas

Las piscinas a climatizar pueden ser tanto cubiertas como al aire libre. El uso de la energía solar para este fin viene motivado por el gran volumen de agua de las piscinas, que requerirían un gran gasto de combustible para su climatización, cosa que encarecería enormemente la instalación.

Se hace muy recomendable el uso de manta térmica por las noches, para no perder la energía captada durante el día, con lo que el ahorro de energía será sumamente notable, además de que la manta elimina el riesgo de suciedad en la piscina.

También se pueden utilizar los sistemas de cubiertas telescópicas de piscinas que además de las ventajas de la manta térmica, aportan la de poder utilizar la piscina todo el año.

Frío Solar

Producción de frío mediante máquinas de absorción para climatización de viviendas o uso industrial.

Secadero

Muy utilizados en la industria y, sobre todo, en la agricultura, para procesos de secado del grano, tabaco... se basa en la circulación de aire caliente por el interior de unos invernaderos, que es donde se lleva a cabo el proceso de secado.

1.4.2.- Ventajas energía solar térmica

Algunas de las características beneficiosas que se le otorga hoy en día a la energía solar térmica son:

- ✓ Es un recurso inagotable y completamente renovable.
- ✓ No contamina.
- ✓ Permite un mayor ahorro tanto en agua como electricidad.
- ✓ No disminuye ni utiliza la calidad del aire o de los suelos en donde se encuentre disponible.
- ✓ Genera un aumento en el mercado del valor de la vivienda debido a su practicidad.
- ✓ Contribuye al respeto y cuidado del medio ambiente concientizando a mayores y niños.
- ✓ Es un sistema de fácil instalación e integración en la vivienda y apenas necesita mantenimiento.
- ✓ Permite obtener agua caliente en días nublados ya que dispone de un depósito y un sistema energético auxiliar.
- ✓ En muchos países hay subvenciones para el uso doméstico de energía solar.
- ✓ En España el Código Técnico de la Edificación, establece la obligatoriedad de implantar sistemas de agua caliente sanitaria (ACS) con energía solar en todas las nuevas edificaciones, con el objetivo de cumplir con el protocolo de Kioto.

1.4.3.- Objetivos de una instalación solar

El principal objetivo de una instalación solar es conseguir el máximo ahorro de energía convencional. La cantidad de energía solar aprovechable, depende de múltiples factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación (orientación, inclinación, ubicación de los captadores, etc.) y otros se escapan a toda posibilidad de control, ya que son consecuencia de la localización geográfica de la instalación y de los parámetros meteorológicos del lugar.

Es muy importante saber que, aunque técnicamente es posible disponer únicamente de una instalación de energía solar térmica de baja temperatura para garantizar el consumo, este criterio llevaría a dimensionar instalaciones muy grandes y desproporcionadas, además de ser económicamente inviables.

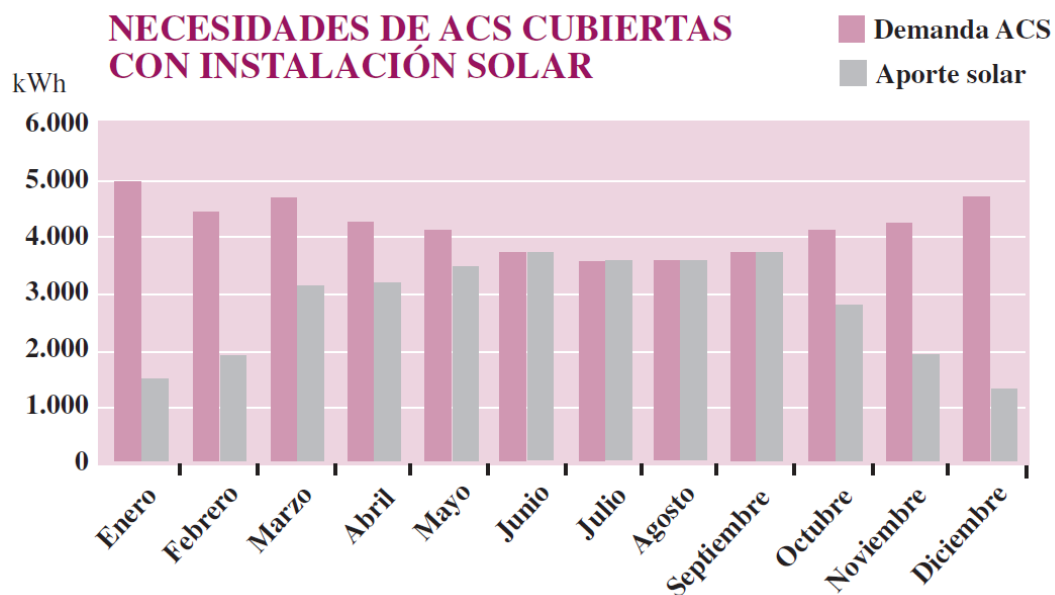


Ilustración 8: Ejemplo sistema captación solar. [14]

Se ve en el ejemplo como existen meses en los que la demanda de ACS es completamente cubierta por la instalación solar, se da esta circunstancia en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre; mientras que en el resto del año es necesario que el equipo auxiliar aporte la energía restante demandada. Este ejemplo podría ser el típico de una instalación domestica para ACS en la que los mayores consumos se dan en los meses más fríos y el mayor aporte solar en los meses de verano en los que la radiación solar es mucho mayor.

1.4.4.- Esquema básico de la instalación.



Sistema solar térmico para uso doméstico:

- 1) Colector
- 2) Deposito de almacenamiento
- 3) Caldera
- 4) Estación solar
- 5) Consumo del agua (ducha)

Ilustración 9: Sistema solar térmico, uso doméstico. [14]

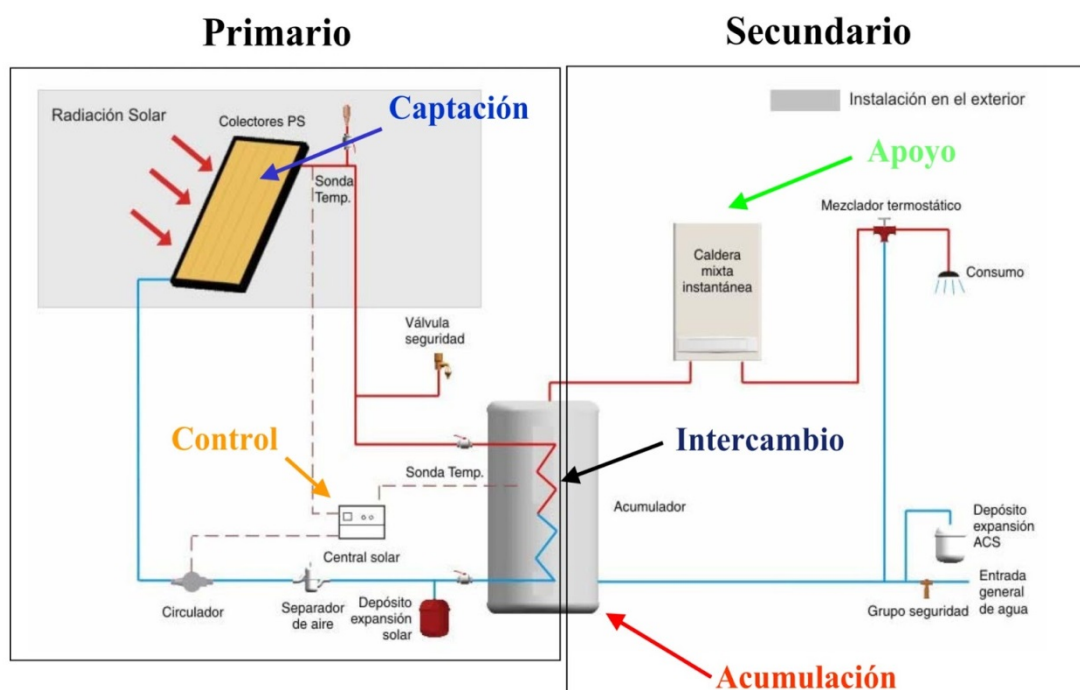


Ilustración 10 Esquema básico de una instalación solar térmica. [14]

Una instalación solar de agua caliente sanitaria tiene como objetivo principal transformar la energía radiante emitida por el sol en energía térmica y acumularla en forma de agua caliente para su consumo posterior.

Los circuitos y sistemas más importantes de esta instalación son:

- Circuito primario: circuito formado por los captadores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo (fluido que circula por el sistema de captación) recoge la energía térmica producida en los captadores y la transfiere al circuito secundario a través de un intercambiador de calor.
- Circuito secundario: circuito en el que se recoge la energía captada en el circuito primario y se transfiere al circuito de consumo.
- Circuito de consumo: circuito que parte de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento y llega a los puntos de consumo. Este circuito transporta agua potable de consumo.
- Sistema de captación: transforma la radiación solar incidente en energía térmica, calentando el fluido de trabajo que circula a través de este sistema.
- Sistema de intercambio: realiza la transferencia de energía térmica entre el fluido de trabajo que circula en el primario y el agua que circula por el circuito secundario.
- Sistema de acumulación: almacena el agua caliente hasta que se precise su uso.
- Sistema de transporte: es el encargado de hacer circular el fluido a través de los diferentes circuitos de la instalación
- Sistema de control: asegura el correcto funcionamiento de la instalación solar.
- Sistema de apoyo: complementa el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista.

1.4.5.- Subsistemas de la instalación

1.4.5.1.- Sistema de captación

El captador solar es el elemento fundamental de cualquier sistema solar térmico. Tiene como misión captar la energía solar incidente y transmitirla al fluido que circula por él.

Existen diversos tipos de captadores solares térmicos, que se diferencian por el aislamiento térmico que utilizan, y la utilización o no, de concentradores, adaptándose a diferentes temperaturas de utilización:

- 1.- Captadores de tubo de vacío: para calentamiento de agua y producción de vapor.
- 2.- Captadores concentradores (CPC) con cubierta: en calentamiento de agua y producción de vapor.
- 3.- Captadores planos con cubierta: calentamiento de agua.
- 4.- Captadores planos sin cubierta: climatización de piscinas.

Para poder hacer una buena elección de un captador, es preciso conocer las características de los elementos que lo constituyen. El captador de placa plana está formado por cuatro elementos principales:

- Cubierta transparente: Sobre ella inciden los rayos del sol, provoca el efecto invernadero, reduce las pérdidas y asegura la estanqueidad del captador en unión con la carcasa y las juntas. Suelen ser de vidrio o plástico transparente.
- Placa absorbente o absorbedor: Su misión es recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido caloportador (normalmente agua o agua con anticongelante).

Existen múltiples modelos, los más típicos son: una placa metálica soldada sobre una parrilla de tubos o dos placas metálicas separadas unos milímetros, entre las cuales circula el fluido caloportador. La cara del absorbedor expuesta al sol suele tener un revestimiento o tratamiento especial para absorber mejor los rayos solares.

- Aislante lateral y posterior: Para disminuir las fugas de calor del interior del captador.

Se le debe exigir una serie de características como son: resistir temperaturas de hasta 150°C, no desprender vapores bajo la acción del calor y no perder sus cualidades aislantes en caso de humedecerse.

- Caja, bastidor o carcasa: Contiene y soporta todos los elementos anteriores y los protege de la intemperie. Debe resistir las variaciones de temperatura, la corrosión y la degradación química.

La radiación solar que llega al captador atraviesa la cubierta transparente, incide sobre la placa absorbente y se transfiere al fluido que circula por el mismo.

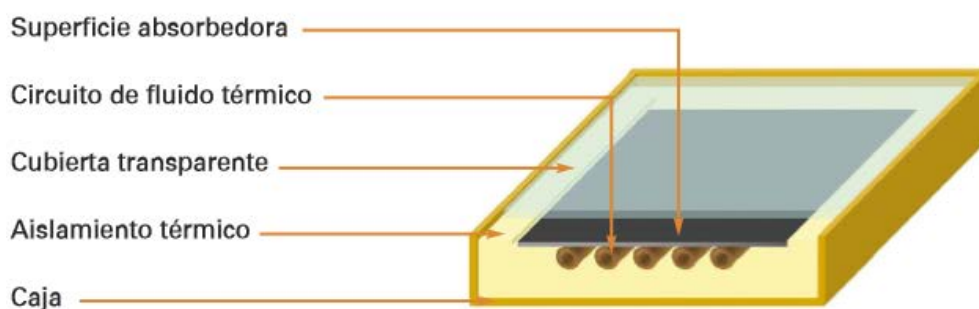


Ilustración 11: Componentes captador solar. [15]

Rendimiento de un captador

Se entiende por ello, la relación entre la energía aportada al fluido caloportador y la energía solar que incide sobre el captador. La ecuación del rendimiento puede ser escrita, simplificando la notación, de la siguiente manera:

$$\eta = C_1 - C_2 \cdot x$$

$$C_1 = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) (\text{Factor de Ganancia})$$

$$C_2 = U_L (\text{Factor de pérdidas})$$

$$x = \frac{(T_m - T_a)}{I}$$

Donde: T_m = Temperatura media del fluido. (°C)

T_a = Temperatura ambiente. (°C)

I = Irradiación sobre superficie inclinada. (W/m^2)

Cuanto mayor sea el factor de ganancia de un captador y menor el factor de pérdidas mejor será el rendimiento de un captador.

Si se comparan las curvas de los dos captadores de la figura, se puede decir que el rendimiento del captador A es mejor que el del captador B.

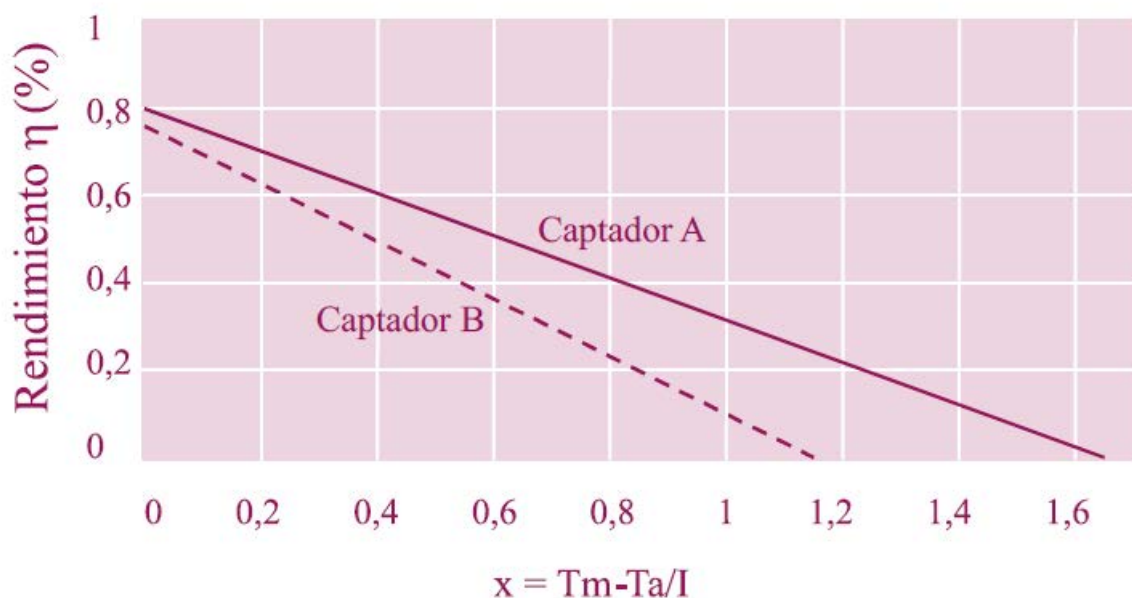


Ilustración 12: Curvas características del rendimiento de dos captadores solares. [14]

El agua de la red de distribución entra al captador por uno de sus extremos, recorre el serpentín donde aumenta su temperatura y se conduce hacia la salida del mismo y pasa al circuito de alta temperatura

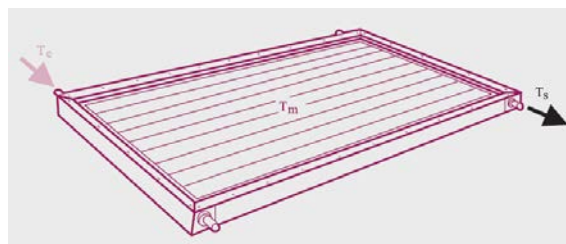


Ilustración 13: Esquema de temperaturas del captador solar. [14]

Montaje de captadores

Es responsabilidad del instalador medir y colocar los captadores a la distancia mínima. La distancia entre la parte posterior de una fila de captadores y el comienzo de la siguiente debe ser igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = h \times k$$

Siendo:

d: la separación entre filas

h: la diferencia de altura entre la parte alta de una fila de captadores y la parte baja de la siguiente (dependiente de la inclinación del mismo).

k: un coeficiente cuyo valor se obtiene en la tabla 4.2 a partir de la latitud del lugar.

- Los captadores se instalarán en baterías constituidas por el mismo número de captadores.
- Los captadores en las baterías podrán estar conectados en serie o en paralelo.
- Las baterías de captadores podrán conectarse entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo.
- El número de captadores que se pueden conectar en paralelo, tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.
- El número de captadores conexcionados en serie pertenecientes a una misma batería no será superior a cinco y el número de baterías conectadas en serie no podrá ser mayor de dos.
- La conexión entre sí de las baterías de captadores asegurará igual recorrido hidráulico en todos ellos, debiendo quedar plasmado en el esquema de conexionado.

1.4.5.2.- Sistema de almacenamiento de energía

El calor resultante de la conversión térmica de la radiación solar se almacena en un depósito de acumulación. La conexión y la transferencia de calor entre el captador solar y el depósito se efectúan a través de un circuito hidráulico de acuerdo con una de las siguientes configuraciones:

- Circuito directo: el fluido que circula por los captadores solares es el agua de consumo. Este tipo de configuración acarrea problemas de corrosión y calcificación de las tuberías, por lo que sólo se instala en ligares con agua de red aceptable.
- Circuito cerrado: por los captadores circula un fluido térmico, en circuito cerrado (primario) y con intercambio térmico hacia el circuito de consumo (secundario) a través de un intercambiador de calor interior o exterior al depósito

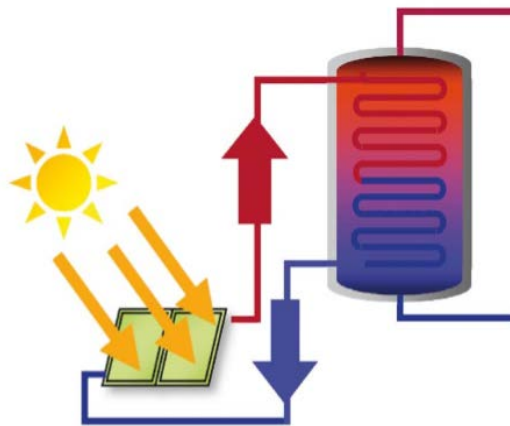


Ilustración 14: Conexión acumuladores. [13]

Debido a que la fuente de la que se obtiene la energía, es muy variable a lo largo del día y del año, es necesario un sistema que garantice la cobertura de la demanda.

La obtención del agua caliente para consumo mediante colectores solares, no produce la energía necesaria de manera instantánea, así que ésta es almacenada en forma de calor Sensible.

Se suele utilizar un depósito capaz de albergar suficiente cantidad de agua a la temperatura de trabajo para cubrir la demanda deseada. El sobredimensionado del tanque dará lugar a un sobrecoste y al aumento de las pérdidas de energía, con lo que se intentará elegir el tamaño adecuado para lograr una cierta independencia de la instalación reduciendo pérdidas.

Los materiales utilizados para este tipo de depósitos son bastante amplios. Se basa su elección en su resistencia a altas temperaturas, los más utilizados son aceros inoxidables o vitrificados y el aluminio; empleando como aislante el poliuretano inyectado o similar.

Un factor importante en la acumulación de fluido a alta temperatura es el grado de estratificación que es la operación del acumulador con niveles de temperatura bien diferenciados, esto es, con la parte superior más caliente que la inferior, debido a diferencias de densidad. Cuanto mayor sea este, se trabajará con mejor rendimiento en los captadores, a costa de perder capacidad de almacenamiento. La relación alta entre la altura y el diámetro favorece el aumento de la estratificación en el tanque, igual que trabajar con depósitos unidos en serie.

1.4.5.3.- Sistema de intercambio

Se usa un sistema de intercambio cuando el tamaño de la instalación es considerable, o cuando la calidad del agua lo recomiende haciendo pasar por el sistema captador un fluido diferente del agua de consumo final. Este fluido utilizado son anticongelantes que circulan entre el sistema captador y un sistema de intercambio térmico. Otro circuito secundario se encarga de recuperar la energía del intercambiador de calor y trasladarla hasta los depósitos de acumulación. Los tipos de intercambiadores más utilizados son:

- Intercambiador independiente a través del que circulan, por una parte, el fluido de los captadores y, por otra, el fluido de almacenamiento bombeado desde el acumulador. Normalmente de placas.
- Serpentin integrado en el acumulador o acumulador de doble pared, por el que circula el fluido de los captadores. Conlleva una convección natural en el lado frío.



Ilustración 15: Depósito recubierto en su interior por una superficie aislante, intercambiador integrado. [12]

Se pueden clasificar de la siguiente manera:

I. Según su posición en la instalación:

- Interiores
- Exteriores

II. Según su construcción:

- De serpentín helicoidal
- De haz tubular
- De doble envolvente
- De placas

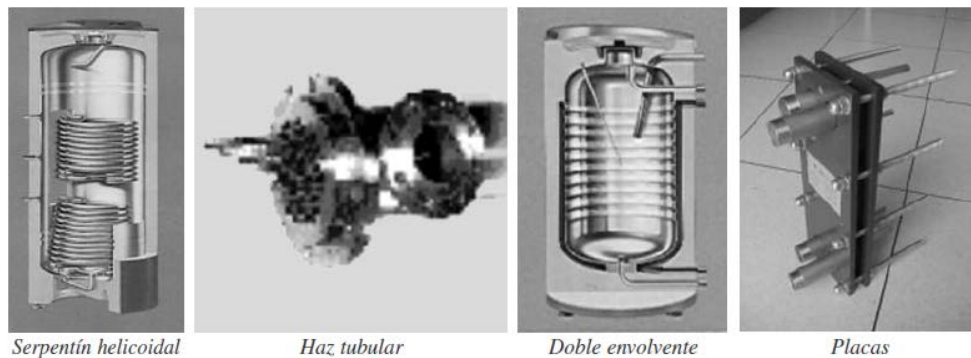


Ilustración 16: Tipos de intercambiadores de calor. [18]

1.4.5.4.-Sistema de transporte

La clave del buen funcionamiento de una instalación solar térmica es el diseño adecuado del trazado de las conducciones hidráulicas, tomando como criterios básicos: caudal, longitud, equilibrado, seguridad y montaje y desmontaje.

El sistema hidráulico está formado por los siguientes elementos:

- Bombas de circulación: se instalan para producir el movimiento del fluido entre los colectores y el depósito de acumulación. La disposición de estas bombas preferentemente será en línea y los materiales de las mismas serán resistentes a corrosión.
- Tuberías: cuando el fluido caloportador es agua de consumo las tuberías deberán ser de cobre o acero inoxidable. En los sistemas indirectos los materiales

del circuito primario, al ser el fluido distinto del agua de consumo, se podrán utilizar acero negro, cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

En función de la velocidad del fluido y la acidez del agua se deberá cumplir con lo siguiente, por criterios sanitarios:

- Siempre que se utilice acero en tuberías o accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 12.
- Siempre que se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.
- Aislamiento: Para que el rendimiento de la instalación no se vea disminuido se ha de contar con un buen nivel de aislamiento de las tuberías. Cuando la potencia térmica a instalar en generación es inferior a 70 kW, para las tuberías y accesorios que transportan el fluido caliente por el interior del edificio se recomiendan los siguientes espesores mínimos de aislamiento, para un material con conductividad térmica de referencia, a 10°C, de 0,040 W/m·K.

Diámetro exterior	Temp. máxima del fluido (°C)	
	40<T≤60°C	60<T≤100°C
D≤35	25	25
35<D≤90	30	30
90<D≤140	30	40
140<D	35	40

Tabla 1: Diámetro tuberías. [11]

Cuando las tuberías discurren por el exterior del edificio se recomienda aumentar el espesor del aislamiento en 10 mm respecto al que se obtendría si éstas circularan por el interior.

Para instalaciones con una potencia térmica en generación superior a 70 kW, se realizará el cálculo del aislamiento de forma que las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superen el 4% de la potencia térmica transportada.

El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas, como los revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o fibras acrílicas. El aislamiento no ha de dejar zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. El aislamiento tiene que tener también en cuenta las posibles dilataciones en las tuberías de la instalación, así como evitar los puentes térmicos en las fijaciones de los equipos.

- Elementos de expansión: Es el elemento encargado de absorber las variaciones de volumen y presión que experimenta el fluido en un circuito cerrado debido a los cambios de temperatura. Los vasos de expansión pueden ser abiertos o cerrados en función de que el fluido del circuito esté en contacto directo con la atmósfera o no. Los vasos de expansión cerrados son los que se utilizan normalmente en las instalaciones solares por lo que fluido del circuito no se encuentra en contacto con la atmósfera.

El vaso se divide en un volumen con nitrógeno que actúa de amortiguador y una parte donde fluctúa el líquido de la instalación estando los dos volúmenes separados por una membrana elástica impermeable.

Al aumentar la temperatura del fluido térmico también aumenta la presión en el circuito y el líquido se expande en el vaso desplazando la membrana elástica y disminuyendo el volumen ocupado por el gas. Por el contrario, cuando disminuye la temperatura disminuye la presión en el circuito y el volumen ocupado por el gas aumenta desplazando el líquido del vaso.

- Elementos de seguridad: De acuerdo con el Código Técnico, la elección de las válvulas se ha de realizar de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los siguientes criterios:
 - a) para aislamiento: válvulas de esfera
 - b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento
 - c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho
 - d) para llenado: válvulas de esfera
 - e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho

f) para seguridad: válvula de resorte

g) para retención: válvulas de doble compuerta, o de claveta

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima de los captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo.

- Elementos de purga de aire: En los puntos altos de la salida de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga para extraer el aire contenido en el circuito. Esos sistemas están constituidos por botellines de desaireación y por un purgador manual o automático.

El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen puede disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

Debido a que los purgadores automáticos no diferencian entre el aire y el vapor de agua, se evitará el uso de estos purgadores en aquellos puntos del circuito donde se pueda generar vapor, como a la salida de los captadores solares. En estos lugares se instalarán sistemas de purga de aire manual, con lo que se eliminará el problema de extracción de vapor de agua.

- Elementos de vaciado y llenado: Cualquier circuito cerrado de la instalación ha de incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado.

En general, se recomienda la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga, donde esté almacenado el fluido con la proporción requerida de anticongelante en agua, de forma que no disminuya la proporción de anticongelante cuando se repongan las fugas.

Se recomienda realizar el llenado del circuito por la parte inferior del mismo para facilitar la salida al exterior del posible aire acumulado.

Para posibilitar el vaciado del circuito de una instalación solar, se recomienda instalar en los puntos más bajos tuberías de drenaje a través de las cuales se pueda realizar el vaciado mediante una válvula de corte.

- Equipos de regulación y control: Los equipos de control son los dispositivos que controlan los diferentes elementos que constituyen la instalación, siendo los de

mayor importancia los ligados al funcionamiento de las bombas de circulación.

1.4.5.5.- Sistema de apoyo

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema auxiliar mediante energía convencional.

El subsistema de apoyo para instalaciones de producción de ACS se debe dimensionar de forma que aporte todo el calor necesario en la instalación como si no se dispusiese del sistema solar.

Se puede clasificar los sistemas de apoyo en función de:

- El aporte de calor al total de la instalación. Así se tiene apoyo colectivo cuando se abastece desde un único punto, o bien apoyo individual, cuando cada consumo o grupo de consumos disponen de su propio subsistema de apoyo.
- Si existe o no acumulación de la energía de apoyo. Se distingue entre apoyo en línea (instantáneo) o con acumulación.
- Su disposición en el conjunto de la instalación. Así se distingue entre sistemas de apoyo en serie con el acumulador solar o en paralelo con éste. La disposición en paralelo se utiliza únicamente en instalaciones domésticas ya existentes cuando la disposición en serie con el depósito solar no es posible.
- El tipo de energía que utilicen para producir calor. Así se tienen los sistemas basados en gasóleo, gas natural, GLP, o electricidad por efecto Joule. La electricidad es el más desfavorable desde el punto de vista de la eficiencia energética. Los sistemas de apoyo basado en el gas natural son los más ventajosos desde el punto de vista económico y ambiental.

El Código Técnico de la Edificación no autoriza el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de los captadores solares.

Además, en el caso de que el sistema de energía auxiliar no disponga de acumulador, sino que sea una fuente instantánea, el equipo ha de ser modulante, es decir, será capaz de regular su potencia en función de la temperatura de entrada al equipo, de manera que se obtenga una temperatura constante con independencia de la temperatura de entrada.

En instalaciones destinadas a la climatización de piscinas, para el control de tempe-

ratura se dispondrá de una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y de un termostato de seguridad, dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato será, como máximo, 10°C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

1.4.6.-Clasificación instalaciones

Hay diversas maneras para clasificar las instalaciones en función de varios criterios como la circulación del fluido, el sistema de transferencia de calor, el sistema de apoyo, el tipo de aplicación, etc. los dos criterios de clasificación mas comunes son:

a. Según la forma como circula el fluido:

- Termosifón (circulación natural).

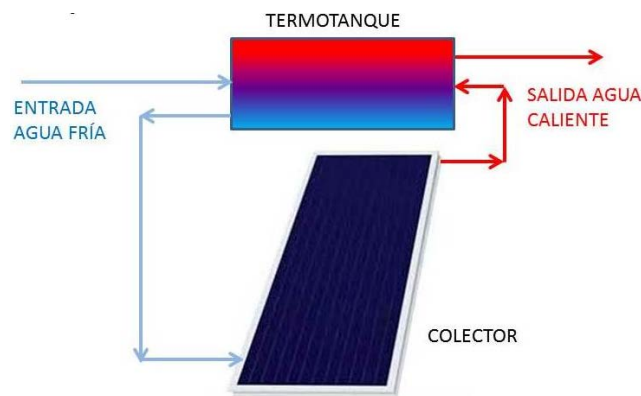


Ilustración 17: Instalación de circulación natural. [12]

- Con bomba de circulación (circulación forzada).

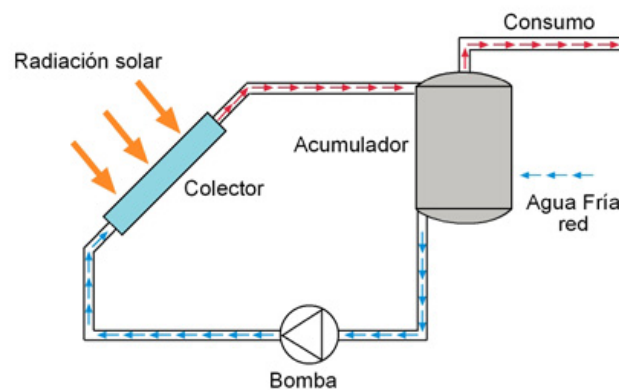


Ilustración 18: Instalación de circulación forzada. [12]

b. Según el tipo de sistema de transferencia de calor:

- Transferencia térmica directa: este tipo de esquema está prohibido expresamente por el CTE ya que en este documento se dice que las instalaciones se realizarán con circuito primario y secundario independientes.
- Transferencia térmica indirecta: los dos circuitos, primario y secundario, confluyen en el intercambiador.
-

1.4.7.- Incorporación instalación solar para ACS

Con la entrada en vigor del CTE todos los edificios de nueva construcción que consuman ACS dispondrán, salvo algunas excepciones debidamente justificadas, de instalaciones para calentamiento de agua con energía solar térmica, que deben integrarse en las instalaciones térmicas del edificio; la energía solar proporcionará un porcentaje del consumo de ACS, siendo la instalación térmica tradicional la que deba llevar el agua, cuando las aportaciones solares no sean suficientes, hasta las condiciones de uso.

La fracción solar mínima depende de la zona de ubicación del edificio y del consumo diario de ACS, debiendo ser más alta en las localidades con mayor radiación solar incidente y en los edificios con mayor consumo; al margen de ello la instalación solar enviará a la instalación tradicional agua cuya temperatura puede variar desde la del agua de la red, en las épocas en las que no haya aportaciones solares, hasta temperaturas incluso superiores a las necesarias para consumo.

Para poder alcanzar aportaciones solares altas es conveniente que la acumulación tradicional tenga el menor volumen posible, compatible con las necesidades de consumo, destinando las mayores acumulaciones a la energía solar.

Para disponer de una potencia de intercambio alta, con acumulaciones menores, lo más adecuado es que las instalaciones tradicionales se realicen con depósitos de intercambiadores externos de placas, que se pueden dimensionar para altas potencias; si se optase por interacumuladores para obtener las superficies de intercambio necesarias se deben incrementar los depósitos, lo que obliga a atender a un mayor volumen con las calderas, reduciendo las posibilidades de aportación solar.

Un aspecto que debe cuidarse especialmente es la selección de las conexiones de los depósitos. Habitualmente cuando los depósitos son pequeños, también lo son sus conexiones; sin embargo, con la integración de la instalación solar se va a hacer pasar todo el consumo por el depósito de cabeza (calentado con las calderas), lo que obliga-

ra a dimensionar adecuadamente las secciones de sus conexiones conforme a los caudales punta solicitados por el edificio.

En cuanto a la producción del ACS con energía solar son validas todas las soluciones con acumuladores o interacumuladores, y con conexiones tanto en serie como en paralelo; las precauciones para protección de heladas o sobrecalentamiento también son exclusivas de la instalación solar.

Los aspectos a cuidar en la integración son:

- Conexión entre la instalación solar y la instalación tradicional, que salvo muy contadas excepciones será en serie, de manera que la instalación solar aporta un agua precalentada.
- Tratamiento antilegionela.

En los casos que exista recirculación, ésta se conecta al depósito de cabeza (calentado por calderas) ya que habitualmente el agua de recirculación esta a mayor temperatura que la de los depósitos solares, de manera que si la recirculación se enviase a estos últimos acabarían siendo calentados con las calderas. Sin embargo en las épocas de alta radiación solar, cuando la temperatura de los depósitos solares sea superior a la de recirculación, conviene efectuar la recirculación sobre ellos, de modo que la instalación solar podría llegar a calentar, cuando la radiación sea suficiente, todos los depósitos e incluso compensar las pérdidas por recirculación.

Esto se logra mediante dos válvulas motorizadas de dos vías (puede obtenerse el mismo efecto con una válvula de tres vías) después de la bomba de recirculación, una permite el paso al depósito de calderas y otra a los depósitos solares; la apertura o cierre de las válvulas se regulara mediante la sonda de temperatura de los depósitos solares y una sonda en la recirculación, cuando la temperatura de esta ultima sea superior a la de los depósitos solares se cerrara la de paso a estos últimos y se abrirá la de paso al depósito de cabeza; desde el momento en que se detecte que la temperatura en los depósitos solares supera a la de recirculación se invertirá la posición de ambas válvulas.

El tratamiento térmico para prevención de la legionelosis de los depósitos solares se puede realizar con el intercambiador de la instalación centralizada; para ello se realiza una derivación hidráulica desde la entrada de agua fría hasta la aspiración de la bomba de secundario y desde la salida del intercambiador hasta la salida de ACS de los depósitos solares; cerrando las llaves del depósito de cabeza y abriendo las de las derivaciones indicadas se pueden calentar los depósitos solares con el intercambiador. Esta

operación se limitara al tratamiento térmico de los depósitos solares, con la periodicidad establecida en la reglamentación de prevención de la legionelosis; la operación se realizara de manera manual por el personal de mantenimiento si bien en edificios con ocupantes de mayor riesgo (hospitales, residencias de personas mayores, etc.) si la frecuencia del tratamiento debe ser mayor, se puede automatizar motorizando las correspondientes válvulas de corte.

Si la instalación central se resuelve con interacumuladores, la integración de la energía solar es idéntica, con la misma solución de recirculación que en el caso de depósitos con intercambiador; si bien para el tratamiento térmico de los depósitos solares con las calderas debe instalarse una bomba que conecte la salida de los interacumuladores de la instalación central con la entrada de agua a los depósitos de la instalación solar.

Cuando deba realizarse el tratamiento térmico se arranca la bomba dispuesta para este servicio, de manera que se envía agua caliente desde los interacumuladores de la instalación central hacia la entrada de agua a los depósitos solares, hasta que los mismos alcancen la temperatura requerida (70 °C).

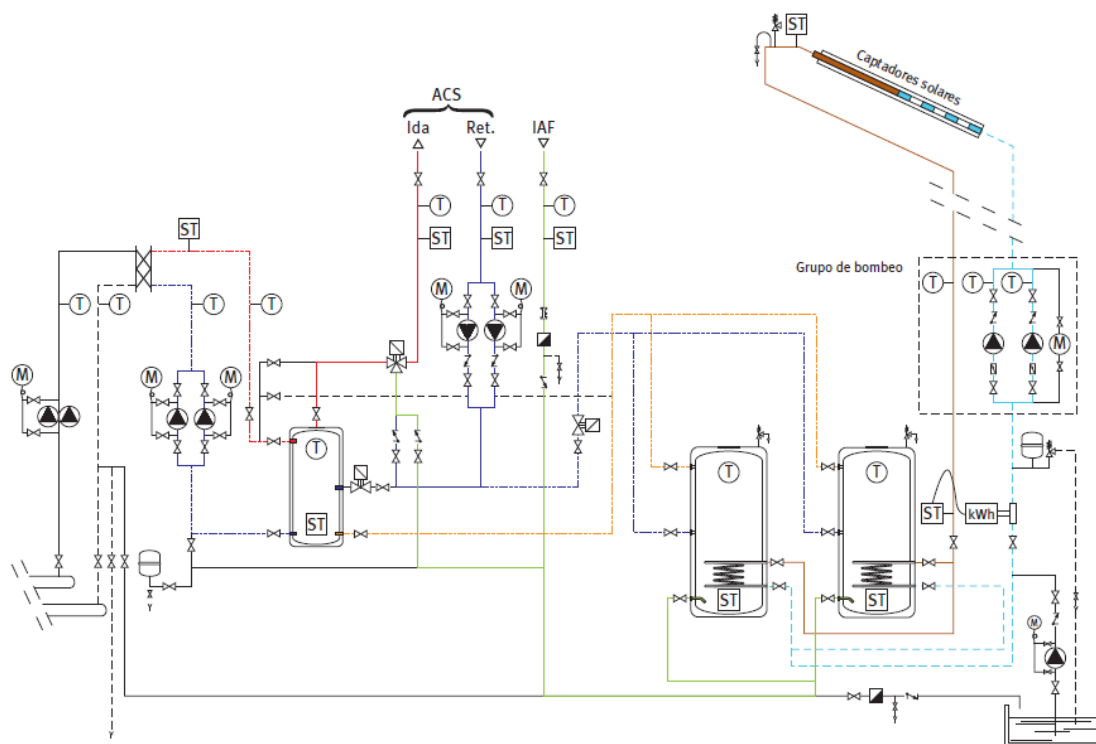


Ilustración 19: Integración de la producción de ACS con energía solar térmica en la instalación de producción de ACS centralizada; recirculación. [17]

1.4.8.- Sistema solar en piscinas cubiertas

Para el calentamiento de piscinas cubiertas, además del aporte solar, es necesario el aporte de energía auxiliar que calentará el agua a través de un sistema de intercambio de forma posterior al solar.

Según normativa (RITE – ITE 10.2):

- El consumo de energías convencionales para el calentamiento de piscinas está permitido solamente cuando estén situadas en locales cubiertos.
- Se prohíbe el calentamiento directo del agua de la piscina por medio de una caldera, es necesario un sistema de intercambio.

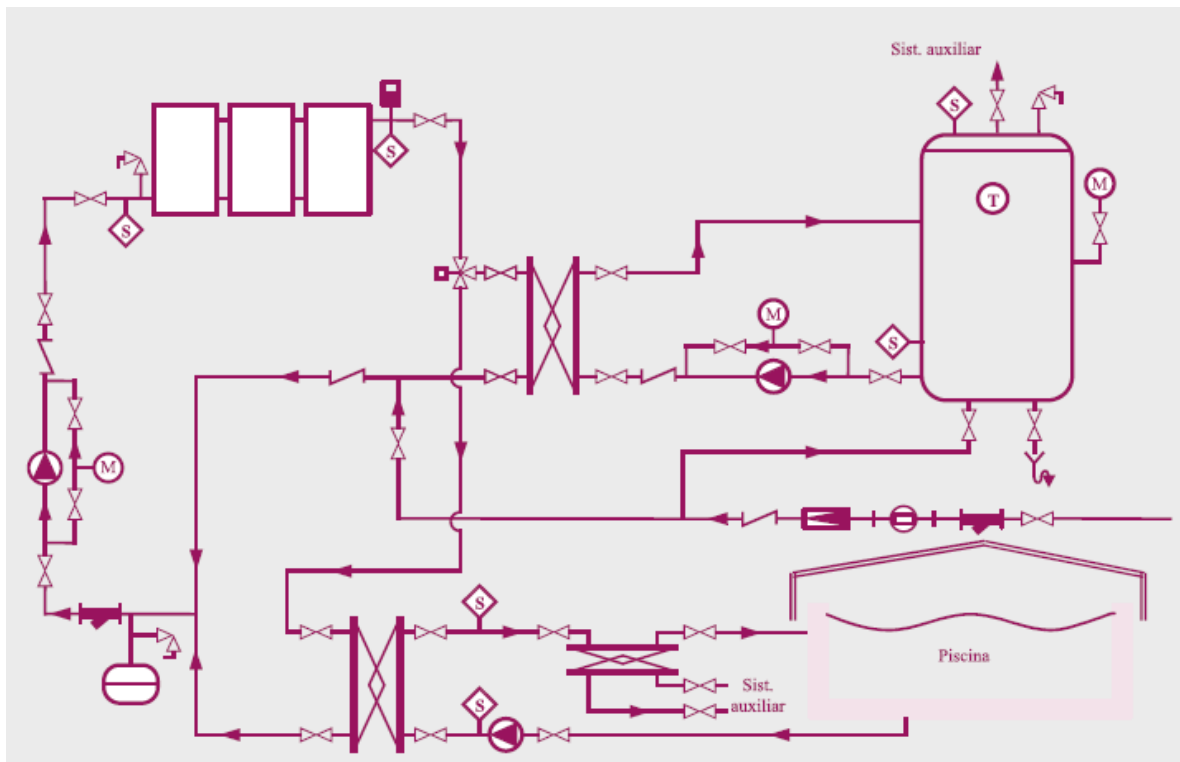


Ilustración 20: Esquema instalación para ACS y climatización de piscina. [14]

1.4.9.- Mantenimiento de la instalación

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 5.2 Plan de mantenimiento. Sistema de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original
Cristales	6	IV diferencias entre <i>captadores</i>
Juntas	6	IV condensaciones y suciedad
Absorbedor	6	IV agrietamientos, deformaciones
Carcasa	6	IV corrosión, deformaciones
Conexiones	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Estructura	6	IV aparición de fugas
Captadores*	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de <i>captadores</i>
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de <i>captadores</i>
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de <i>captadores</i>
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de <i>captadores</i>

Tabla 2: Mantenimiento captadores. [1]

Tabla 5.3 Plan de mantenimiento. Sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación de desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

IV: inspección visual

Tabla 3: Mantenimiento sistema acumulación. [1]

Tabla 5.4 Plan de mantenimiento. Sistema de intercambio

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

CF: control de funcionamiento

Tabla 4: Mantenimiento sistema de intercambio. [1]

Tabla 5.5 Plan de mantenimiento. Sistema de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

IV: inspección visual

CF: control de funcionamiento

Tabla 5: Mantenimiento sistema de captación. [1]

Tabla 5.6 Plan de mantenimiento. Sistema eléctrico y de control

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 6: Mantenimiento sistema eléctrico y de control. [1]

Tabla 5.7 Plan de mantenimiento. Sistema de energía auxiliar

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 7: Mantenimiento sistema auxiliar. [1]

Prevención Legionelosis

La bacteria de la legionella se encuentra comúnmente en todos aquellos sitios en los que haya agua como lagos, estanques Etc., o estancada con lodos, materias orgánicas y de corrosión, pero no es peligrosa cuando se ingiere, sólo cuando se respira.

La forma de vida de la bacteria de la legionella se basa en parasitar protozoos y amebas y solo se reproduce a temperaturas entre 20º y 45º C.

El agua canalizada que llega a las ciudades es portadora de la bacteria de la legionella, como de otras miles de bacterias, pero en cantidades mínimas.

El riesgo de la proliferación de la bacteria de la legionella, empieza en los sistemas de distribución de agua caliente sanitaria con acumulador y circuito de retorno, los equipos de enfriamiento de agua evaporativos, tales como las torres de refrigeración, condensadores evaporativos, sistemas de agua climatizada como spas, jakuzzis, piscinas, vasos o bañeras, terapéuticas, estas son las instalaciones que con mayor frecuencia se encuentran contaminadas con la bacteria de la legionella y han sido identificadas como fuentes de infección. Existen otros sistemas de riesgo de distribución de agua que provocan la dispersión y propagación de la bacteria de la legionella, como son las instalaciones interiores de agua fría de consumo humano, depósitos de agua, aljibes, fuentes ornamentales, etc, consultar en el Real Decreto 865/2003.

Según el Real Decreto 865/2003, los circuitos de agua sanitaria para el consumo humano deben ser tratados según el ANEXO 3, por el cual se detallan los aspectos mínimos de revisión, limpieza y desinfección.

Una desinfección contra la bacteria de la legionella no será efectiva si no va acompañada de una limpieza exhaustiva de los acumuladores de agua siempre que dispongan de una entrada hombre para su limpieza. Las instalaciones de agua caliente sanitaria se limpiarán y desinfectarán como mínimo, una vez al año.

Antes de iniciar el tratamiento de control de la legionella, hay que ver que elementos de la red pueden ser sensibles a la acción del desinfectante, para proceder a su desconexión o protección.

Se procede al vaciado total de la instalación, si esta cuenta con válvulas que permitan el drenaje total de las conducciones, en caso contrario se vacía primero todos los depósitos y posteriormente se vaciará la red mediante la apertura de todos los elementos finales, grifos, duchas y cuantos accesorios existan.

Durante el proceso anterior de vaciado de la red, se debe proceder a desmontar todos los difusores y filtros existentes en los elementos finales de la red: difusores de ducha, filtros de lavabos y bañeras, filtros de grifos etc.

Los elementos desmontados, serán introducidos en una solución de cloro de 20 mg/l al menos durante 30 a 40 minutos, para garantizar una adecuada desinfección y desincrustación.

El control de la temperatura se realizará en un número representativo de grifos y duchas, incluyendo los más cercanos y los más alejados de los acumuladores, no debiendo ser inferior a 50°C. Como mínimo anualmente se realizará analíticas de determinación de Legionella en muestras de puntos representativos de la instalación.

2.-DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y CONSUMOS

2.1 Localización



Ilustración 21: Instantánea de la azotea del edificio y de la piscina.

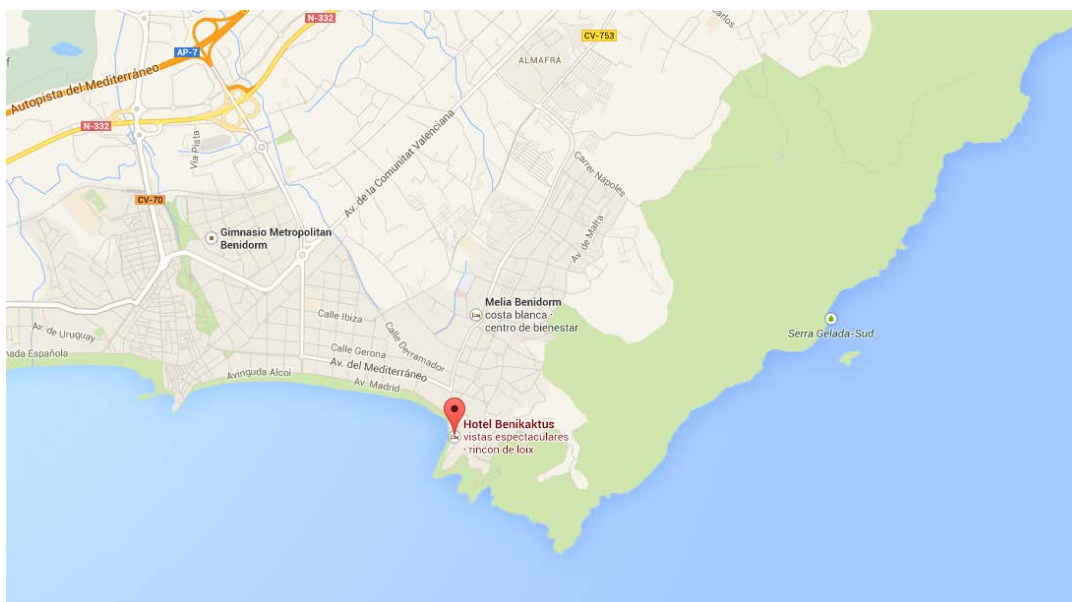


Ilustración 22: Localización hotel.

Se va a hacer un estudio sobre el dimensionamiento de una instalación solar destinada al suministro de agua caliente sanitaria y climatización de piscina en un hotel situado en el municipio de Benidorm, provincia de Alicante, España.

El hotel consta de 136 habitaciones completas, lavandería y piscina climatizada; estas instalaciones todas dotadas y alimentadas por agua caliente sanitarias y cuyos datos serán necesarios para dimensionar la instalación que se va a realizar.

2.2 Datos de la demanda

La información más importante a la hora de abordar este tipo de proyecto es precisamente el consumo de ACS total que tiene el edificio. Estos datos se pueden obtener directamente mediante contadores o caudalímetros en los acumuladores de la misma instalación o, en caso de no disponer de ellos o en nueva construcción, se recurrirá a estimaciones y valores recogidos en documentos oficiales como es el caso del Documento Básico de la Edificación.

Lo idóneo sería disponer de datos desglosados de cada una de las aplicaciones que utilizan ACS, en este caso, sólo se tiene el consumo de la lavandería y el del resto de las instalaciones del hotel. Como sería aconsejable saber el consumo que tiene la piscina climatizada para hacer un estudio más correcto se basará el estudio en las estimaciones anteriormente citadas para conocer el consumo medio de las habitaciones y restándole al total se estimará que esa diferencia será el gasto de ACS para la climatización de la piscina.

El hotel se fija que cierra por falta de turismo durante los tres primeros meses del año, en este periodo el consumo de agua caliente será nulo ya que no hay ocupación y no se mantiene la piscina climatizada.

A continuación se definirá el consumo total de agua caliente sanitaria en tablas y gráficas mensuales, incluso en algunos meses se expondrá un gráfico con los consumos diarios para observar la linealidad de consumo de algunos meses y los picos de consumos por días en otros, con motivo de algún día festivo o acontecimiento similar extraordinario.

Mes	Lavandería	Piscina + ACS	Total
Enero	0	0	0
Febrero	0	0	0
Marzo	0	0	0
Abril	0	210,1	210,1
Mayo	19,8	217,9	237,7
Junio	28,1	337,9	366,0
Julio	576	403,3	460,9
Agosto	27,9	356,8	384,7
Septiembre	25,3	288,9	314,2
Octubre	20,7	223,0	243,7
Noviembre	4,1	52,3	56,4
Diciembre	0	76,4	76,4

Tabla 8: Consumos en metros cúbicos.

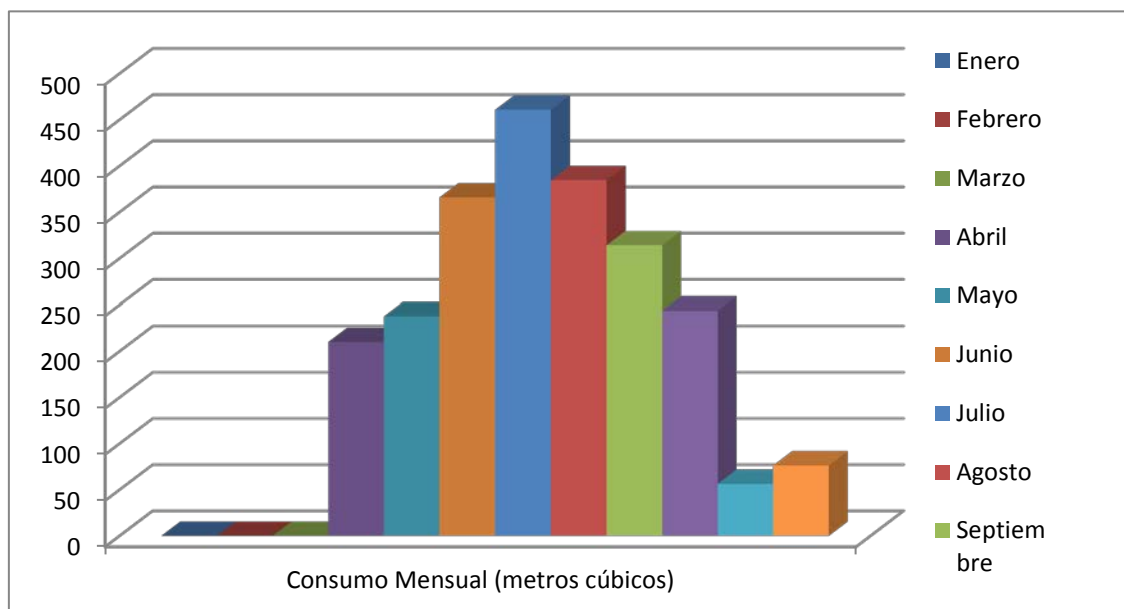


Gráfico 1: Consumo mensual.

Consumo diario en meses clave

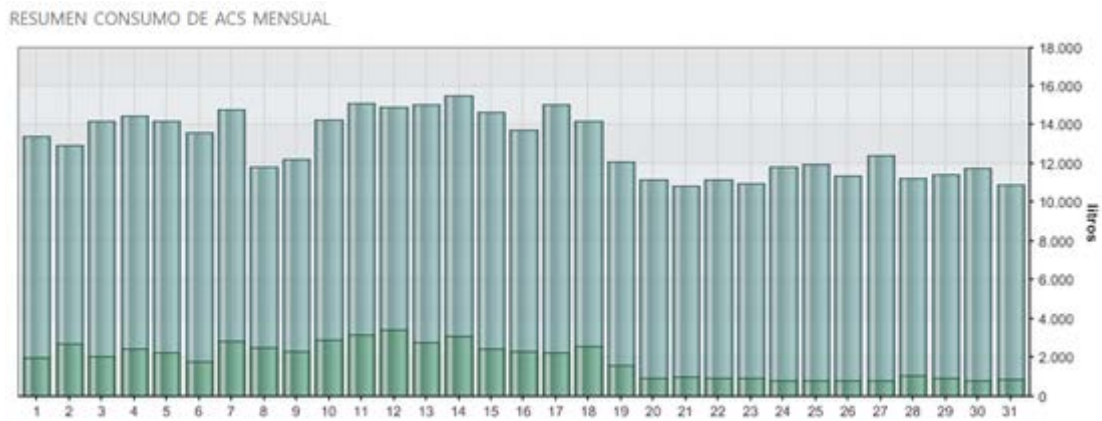




Gráfico 2: Consumo ACS Julio.

-  Consumo lavandería
-  Resto del consumo de ACS

Se ha elegido plasmar los datos de consumo diario del mes de Julio ya que es el mes con una ocupación del 100%, lo que se traduce en el mes con un mayor consumo de ACS.

A la vista del gráfico y al tratarse de un mes en periodo estival se ve como el consumo, a parte de ser alto, es bastante constante a lo largo de todos los días del mes, con pequeñas fluctuaciones entre unos días y otros. Este tipo de consumo es el más sencillo a la hora de dimensionar cualquier tipo de instalación, ya que se podría adaptar perfectamente al consumo necesario ya que el mismo está muy acotado; esta situación solo se tendría en lugares del mundo en los que el clima fuera constante a lo largo del año y se considerara un destino turístico durante toda la temporada.

RESUMEN CONSUMO DE ACS MENSUAL

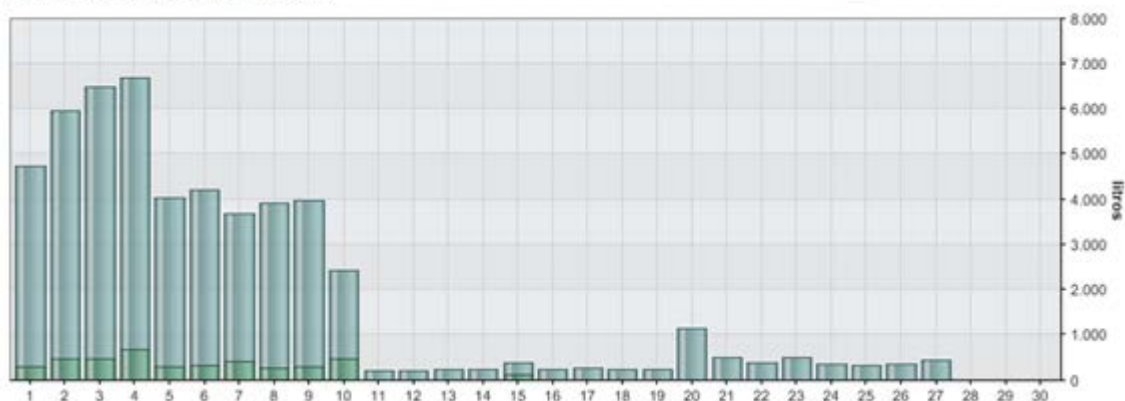


Gráfico 3: Consumo ACS Noviembre.

- Consumo lavandería
- Resto del consumo de ACS

En este caso se representan los datos de Noviembre, el mes con la ocupación más baja. Se ve como el consumo de este mes es bastante reducido llegando a ser casi nulo a finales del mismo.

RESUMEN CONSUMO DE ACS MENSUAL

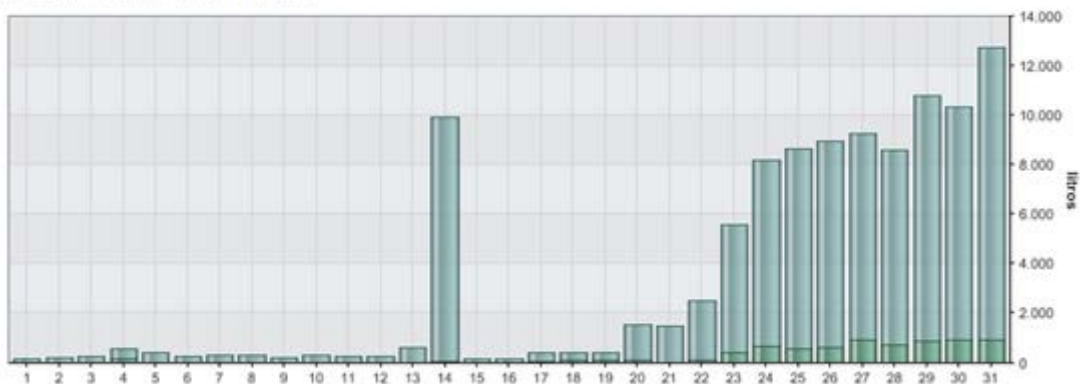


Gráfico 4: Consumo ACS Diciembre.

- Consumo lavandería
- Resto del consumo de ACS

El mes de Diciembre se trata de un consumo especial, ya que se trata de un mes en el que el porcentaje de ocupación es bajo, pero existen datos de consumo muy variables, que precisamente surgen de la diferencia de ocupación en determinados días del año. Estos valores atípicos son debidos a días festivos en este mes, el periodo de vacaciones navideñas aumenta el consumo de ACS. Cabe mencionar la particularidad del día 14 de este mes en el que se tiene un consumo considerable-

mente alto debido a tratarse también de un día festivo fuera de las festividades de navidad.

Consumo piscina

Debido a que no se disponen de los datos reales del consumo de ACS para la climatización de la piscina, se va a recurrir a los valores aproximados del consumo de agua caliente aportados por el CTE para este tipo de hoteles y con la diferencia obtenida se calculará el consumo para regular la temperatura del vaso de la piscina.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Ilustración 23: Tabla demanda ACS estimada. [1]

Para aproximarse lo más posible al consumo se necesitan los datos del número de personas del hotel mensualmente, para este cálculo se va a utilizar el número de habitaciones del hotel y el porcentaje de ocupación mensual del hotel.

Mes	% ocupación
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	50
Mayo	53
Junio	83
Julio	95
Agosto	86
Septiembre	78
Octubre	65
Noviembre	10
Diciembre	15

Tabla 9: Porcentaje ocupación.

Número total de habitaciones: 136

Se estima un número medio de personas por habitación de 2 personas. Con lo que el número de personas máximos que podría alojar el hotel serían 272. Aplicando a este número total el porcentaje de ocupación se puede calcular el número de personas estimado por mes.

Mes	Nº personas	Consumo ACS (Litros/día)
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	0	0
Abril	136	5576
Mayo	144	5904
Junio	226	9266
Julio	258	10578
Agosto	232	9512
Septiembre	212	8692
Octubre	177	7257
Noviembre	27	1107
Diciembre	41	1672

Tabla 10: Ocupación y consumo estimado.

Mes	Consumo total ACS (Litros/día)	Consumo ACS estima- do(Litros/día)	Consumo estimado piscina (Litros/día)
Enero	0	0	0
Febrero	0	0	0
Marzo	0	0	0
Abril	7.003	5576	1427
Mayo	7.668	5904	1764
Junio	12.200	9266	2934
Julio	14.868	10578	4290
Agosto	12.410	9512	2898
Septiembre	10.473	8692	1791
Octubre	7.862	7257	605
Noviembre	1.880	1107	773
Diciembre	2.465	1672	793

Tabla 11: Consumos mensuales desglosados.

Después de toda estimación se debe realizar un análisis de los resultados obtenidos. En este caso al observar el dato del consumo de agua caliente para la climatización de la piscina se observan unos valores bastante desiguales. El consumo para el mantenimiento de la piscina se podría pensar que debiera ser lineal con pocas variaciones a lo largo del año debido a que el volumen de agua es constante y aumentar en los meses de frío ya que habría que lograr un mayor salto térmico; se ve como en este caso es precisamente al contrario y esto no tiene por qué llevar a pensar que la estimación realizada es errónea si no que existen otros valores que afectan de manera muy notable al consumo:

- Ocupación: debido a una mayor ocupación del hotel, el uso de la piscina sube por parte de los huéspedes con lo que aumentan las pérdidas de agua en el vaso de la piscina, debiendo llenar la piscina con más asiduidad.
- Evaporación: las pérdidas por evaporación aumentan debido a la mayor radiación solar en los meses de verano. El tipo de cerramiento de la piscina favorece esta evaporación ya que se tienen materiales transparentes que no impiden este efecto del sol.

- Renovación: el aumento del uso de la misma antes citado, también lleva consigo el mayor ensuciamiento del agua, y debido a que la piscina mantiene siempre una muy buena calidad de agua es necesaria una mayor depuración de la misma, aumentando de esta manera el consumo.
- Agitación de la superficie: una mayor agitación conlleva una mayor evaporación y con ello un mayor consumo de agua.

3.- DIMENSIONADO COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

3.1.- Captadores

Para la elección de los captadores solares más adecuados para la instalación se necesita disponer de datos climáticos y geográficos, que aportarán la información necesaria de la incidencia que tiene la radiación solar en la zona, así como las exigencias requeridas por la reglamentación existente.

– Datos geográficos:

- Latitud: 38°31'53.4"N
- Longitud: 0°06'25.2"W
- Altura: 15m

Para conocer los requerimientos necesarios para cumplir con la normativa se acude al Código técnico de la edificación en su documento HE de ahorro de energía, en su sección 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

El primer valor que se debe conocer es la Contribución solar mínima, la contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS o climatización de piscina cubierta, obtenidos a partir de los valores mensuales.

En la tabla 2.1 se establece, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades de ACS.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.					
Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Tabla 12: Contribución solar mínima para ACS. [1]

En este caso se tiene un consumo de ACS medio de entre 5000 y 10000 l/d.

**Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso
Climatización de piscinas cubiertas**

	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
<i>Piscinas cubiertas</i>	30	30	50	60	70

Tabla 13: Contribución solar mínima piscina. [1]

Se ve que es necesario conocer la zona climática en la que se encuentra la instalación, para ello se recurre al Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía en su siguiente tabla:

ALICANTE/ALACANT	Adsubia	03001	IV
	Agost	03002	IV
	Agres	03003	IV
	Aigües	03004	IV
	Albatera	03005	V
	Alcalalí	03006	IV
	Alcocer de Planes	03007	IV
	Alcoleja	03008	IV
	Alcoy/Alcoi	03009	IV
	Alfafara	03010	IV
	Alfàs del Pi (I')	03011	IV
	Algorfa	03012	V
	Algueña	03013	V
	Alicante/Alacant	03014	V
	Almoradí	03015	V
	Almudaina	03016	IV
	Alqueria d'Asnar (I')	03017	IV
	Altea	03018	IV
	Aspe	03019	V
	Balones	03020	IV
	Banyeres de Mariola	03021	IV
	Benasau	03022	IV
	Beneixama	03023	IV
	Benejúzar	03024	IV
	Benferri	03025	V
	Beniarbeig	03026	IV
	Beniardá	03027	IV
	Beniarrés	03028	IV
	Benigembla	03029	IV
	Benidoleig	03030	IV
	Benidorm	03031	IV
	Benifallim	03032	IV
	Benifato	03033	IV
	Benijófar	03034	IV
	Benilloba	03035	IV

Tabla 14: Zonas climáticas. [1]

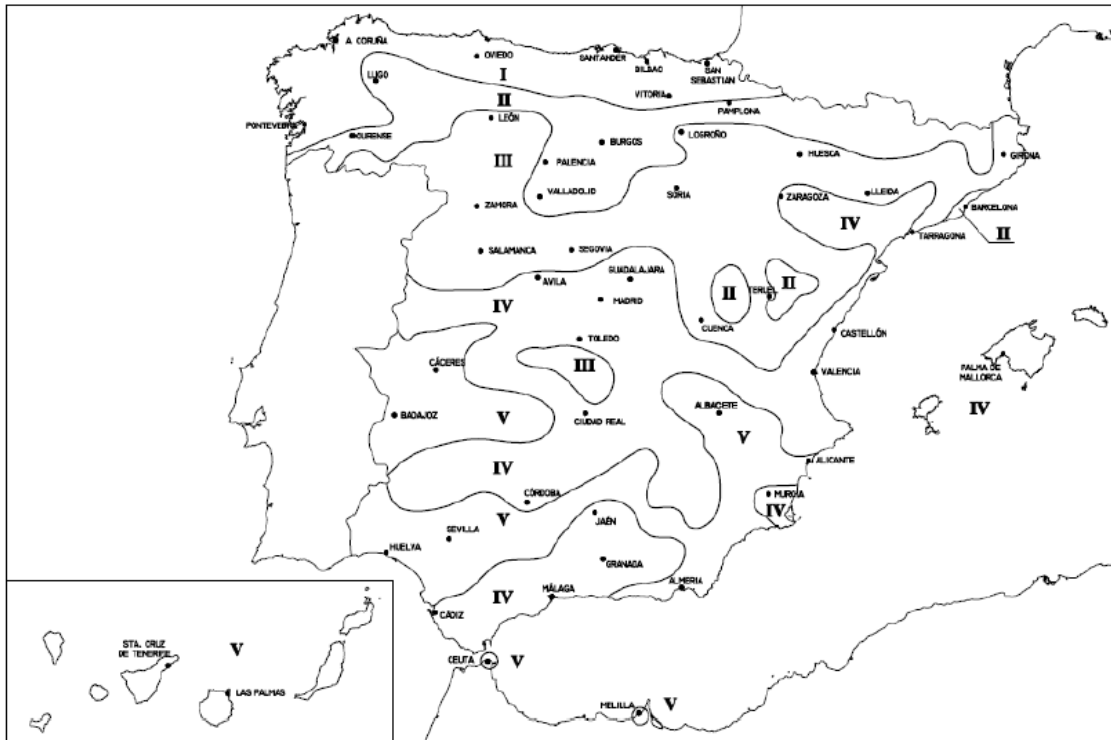


Ilustración 24: Zonas climáticas. [1]

A la vista de estas especificaciones se debe cumplir una contribución solar mínima del 60%, tanto para agua caliente sanitaria como para la climatización de la piscina.

En este mismo documento se exponen ciertas condiciones que toda instalación debiera cumplir con el fin de evitar los sobrecalentamientos:

1. En ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética.
2. En no más de tres meses se podrá superar el 100% de la demanda energética.
3. No se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año.

En el caso de que en algún mes del año la contribución solar pudiera sobrepasar el 100% de la demanda energética se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- a) Dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos preferentemente pasivos o mediante la circulación nocturna del circuito primario)
- b) Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador solar térmico está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador)
- c) Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo entre las labores del contrato de mantenimiento;
- d) Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes;
- e) Sistemas de vaciado y llenado automático del campo de captadores.

Para poder calcular el área de los captadores y el ángulo de inclinación de los mismos mediante la aplicación de Mathcad que más tarde se definirá es necesario disponer de los siguientes datos de radiación y temperaturas del agua en la localización geográfica estudiada, para ello se recurre al Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT.

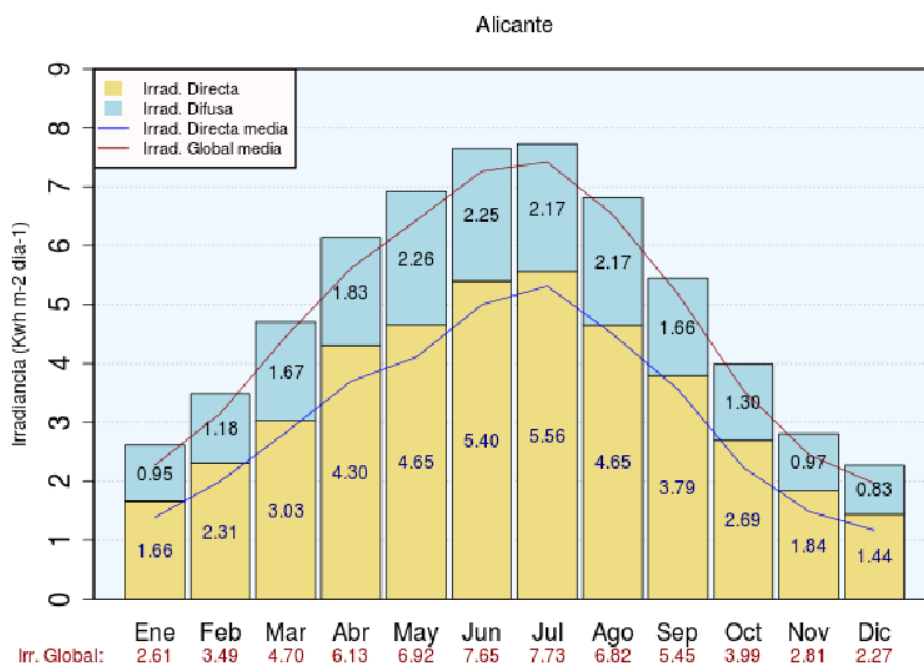


Ilustración 25: Irradiancia Alicante. [7]

**TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA DURANTE LAS HORAS DE SOL,
EN °C. (CENSOLAR).**

PROVINCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	GLOBAL
ÁLAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
ALMERIA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
ÁVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
CÁCERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
CÁDIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8
CASTELLÓN	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
CÓRDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15,9

Tabla 15: Temperatura media durante las horas de sol. [9]

TEMPERATURA MEDIA AGUA DE RED, EN °C.

PROVINCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	GLOBAL
ÁLAVA	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7	11
ALBACETE	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7	13
ALICANTE	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12	15
ALMERIA	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12	16
ASTURIAS	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9	12
ÁVILA	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
BADAJOS	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9	14
BALEARES	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12	15
BARCELONA	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	14
BURGOS	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6	10
CÁCERES	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9	14
CÁDIZ	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12	16
CANTABRIA	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10	13
CASTELLÓN	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11	15
CEUTA	11	11	12	13	14	16	18	18	17	15	13	12	14
CIUDAD REAL	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7	13
CÓRDOBA	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10	15
LA CORUÑA	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11	13

Tabla 16: Temperatura media del agua de red. [9]

Mes	Irradiación Total diaria media de cada mes en Alicante [W·h/(m ² ·dia)]	Irradiación difusa diaria media de cada mes en Madrid [W·h/(m ² ·dia)]	Temperatura ambiente media durante las horas de sol T _o [°C]	T _{red} [°C]
Enero	2610	950	13	11
Febrero	3490	1180	14	12
Marzo	4700	1670	16	13
Abril	6130	1830	18	14
Mayo	6920	2260	21	16
Junio	7650	2250	25	18
Julio	7730	2170	28	20
Agosto	6820	2170	28	20
Septiembre	5450	1660	26	19
Octubre	3990	1300	21	16
Noviembre	2810	970	17	13
Diciembre	2270	830	14	12

Tabla 17: Tabla datos para Mathcad.

3.1.1.- Elección captador solar

Se escoge el colector solar plano "Dietrisol Pro" de la empresa productora De Dietrich. Cabría mencionar ciertas características que definen este tipo de captador, a parte de las propias de los captadores planos, que llevan a la elección del mismo:

- Rendimiento elevado gracias a componentes seleccionados como el absorbente plano con revestimiento selectivo "Sunselect" con intercambiador mono tubo en forma de serpentín que asegura una irrigación completa y continua del colector.
- Pérdidas energéticas reducidas gracias a un aislamiento reforzado (reciclable).
- Caja de perfil de aluminio lacado en gris antracita con placa de cierre trasera para obtener mayor longevidad y buenas características ópticas (sin partes reflectoras en el tejado).

- Cobertura en vidrio de seguridad de alta transparencia con una transmisión del 92 %.
- Montaje simplificado gracias a la tubería de retorno incluida en el colector que permite su conexión sobre un sólo lado del campo de colectores, así como sistemas de colocación específicas, conexiones hidráulicas de los colectores y kits de unión entre 2 colectores.
- Implantables tanto sobre el tejado como en la terraza o integrados en el tejado, en posición vertical u horizontal; gracias al sistema de montaje en integración de tejado en forma de bandeja, la cubierta del techo y la colocación de los colectores pueden realizarse de forma separada en el tiempo.

Cuadro de características (según norma EN 12975-2)

Colector DIETRISOL	Tipo	PRO 2,3
Superficie total (A _g)	m ²	2,32
Área del absorbente (A _a)	m ²	2,14
Superficie de entrada (A _e)	m ²	2,13
Peso neto	kg	44,5
Factor de absorción (α)		95 +/- 1 %
Emisividad (ε)		5 +/- 1 %
Caudal recomendado con 4 colectores en serie	l/h.m ²	55 (2,5 l/min)
Pérdida de carga en "low flow" con 4 colectores en serie	mbar	230
Pérdida de carga en "high flow" con 4 colectores en serie	mbar	520
Contenido de fluido (serpentin + tubería retorno)	l	1,55
Rendimiento óptico (η ₀)		0,802
Coefficiente de pérdidas por transmisión a ₁	W/m ² .K	4,181
Coefficiente de pérdidas por transmisión a ₂	W/m ² .K ²	0,0100
Factor óptico B		0,81
Coefficiente de transmisión térmica total K	W/m ² .K	4,98
Conexiones hidráulicas	Cu... mm	12
Presión de servicio	bar	3
Presión máxima de servicio	bar	6
Presión de prueba	bar	20
Fluido caloportador recomendado		Tylocor L o LS
Temperatura de estancamiento t _{stg}	°C	187
Temperatura máxima de servicio	°C	120 (máx. retorno)

Tabla 18: Características captador solar.

3.1.2.- Pérdidas de los captadores solares

El código técnico de la edificación fija un porcentaje de pérdidas de radiación solar permisibles según el tipo de grado de integración arquitectónica en que se incluya la instalación. Básicamente son tres tipos:

- Integración arquitectónica En el caso de que la instalación además de aportar energía tenga una utilidad arquitectónica, sustituyendo a algún elemento constructivo.

- Superposición arquitectónica. En el caso de que los captadores se instalen paralelos a la máxima pendiente de la cubierta sin estar situados horizontalmente.
- General En cualquier otro caso.

La presente instalación es de tipo general y tendrá que cumplir con los requisitos expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Tabla 19: Porcentaje de pérdidas límite DBHE.

Cálculo de pérdidas de radiación solar debido a inclinación y orientación de los captadores solares

Se deben calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula que se encuentra en el Código Técnico:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

Para la elección del ángulo óptimo se debe atender al siguiente criterio:

Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- demanda constante anual: la latitud geográfica.
- demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 °.
- demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 °.

$\alpha=0^\circ$ ángulo acimutal cero, captadores orientados al sur.

$\beta=39^\circ$ ángulo de inclinación de los captadores.

$$\beta_{\text{opt}} = 38,53 - 10 = 28,53^\circ.$$

$$\text{Latitud} = 38^\circ 31' 53.4'' \text{N}.$$

$$\text{Pérdidas}(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (39 - 28,53)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] = 1,3154\%$$

Cálculo de pérdidas de radiación solar debido a sombras de los captadores solares

En este caso los captadores solares se instalan en la azotea del edificio y no está rodeado de edificaciones más altas que le puedan causar sombra en algún momento del día. Podrían darse sombras entre unos captadores y otros pero puesto que se tiene espacio suficiente se deja una distancia que evite este problema.

Se puede concluir por lo tanto que se cumple la exigencia del CTE en caso general.

3.1.3.- Montaje captadores solares

Se necesitan un total de 45 colectores para cubrir la superficie absorbente necesaria. Se realizará un montaje en vertical, en grupos de 4 colectores. Esta decisión se toma por recomendación del fabricante y al independizar la instalación en grupos reducidos se da más autonomía al grupo energético en caso de cualquier avería.

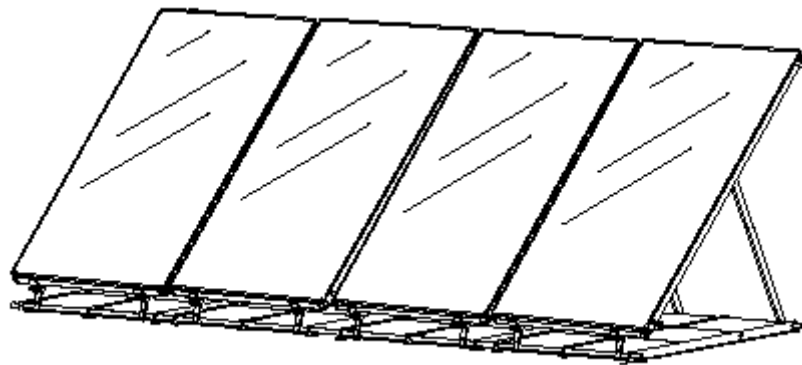


Ilustración 26: Montaje en posición vertical de los captadores.

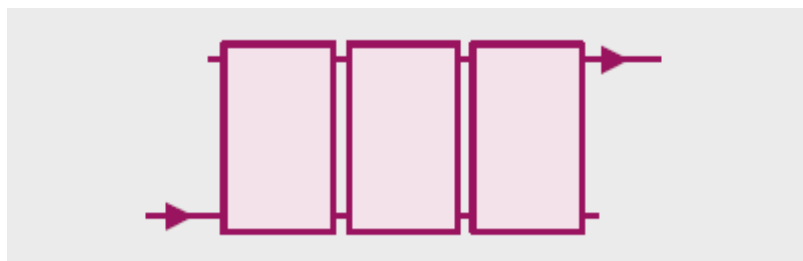


Ilustración 27: Conexión en serie de colectores.

Si deben montarse varios rangos de colectores unos detrás de otros y para evitar que algunos queden a la sombra, deben respetarse las distancias siguientes:

- en montaje vertical: distancia mín. entre 2 rangos ≈ 5 m
- en montaje horizontal: distancia mín. entre 2 rangos ≈ 3 m

Ilustración 28: separación entre grupos de colectores recomendada por el fabricante.

Se dispondrán 10 filas de 4 colectores, un grupo de 3 y finalmente otro de 2 colectores.

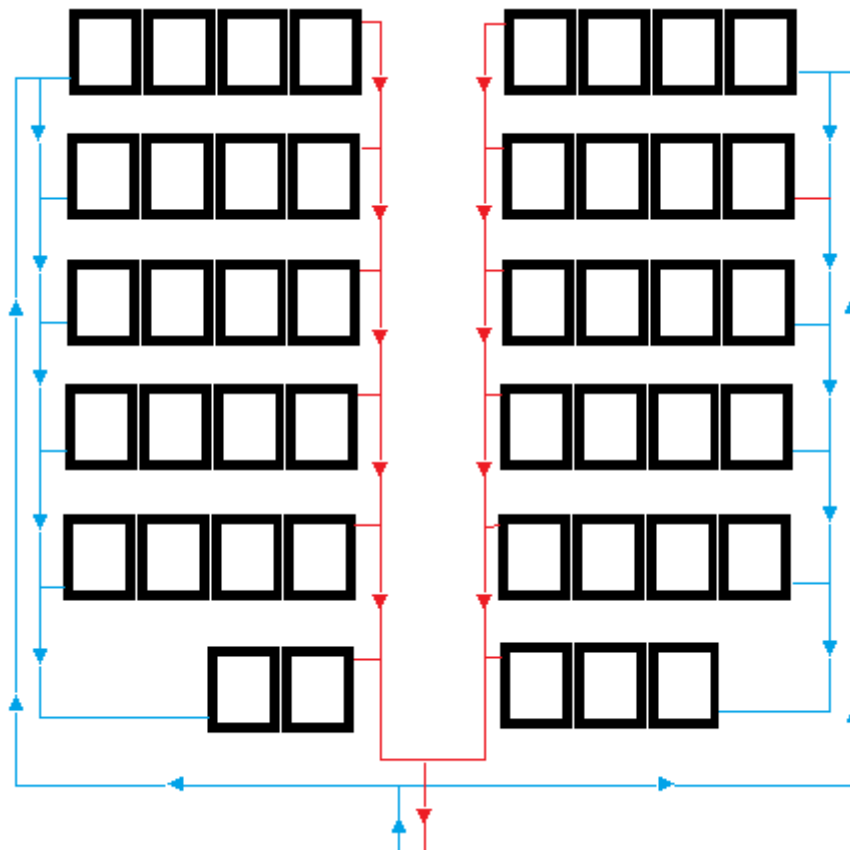


Ilustración 29: Disposición captadores solares en la cubierta del edificio.

3.2.- Aplicación Mathcad

Se comienza la etapa de cálculo utilizando el programa informático Mathcad. Esta aplicación es la solución para resolver, analizar y compartir los cálculos de ingeniería vitales. Presentada en una interfaz fácil de usar, la notación matemática de actualización instantánea, la información de unidades y las potentes prestaciones de cálculo permiten a los ingenieros y los equipos de diseño capturar y comunicar los conocimientos cruciales de diseño e ingeniería.

PTC Mathcad pone potentes prestaciones de cálculo en formato legible para el usuario. Integra los cálculos de actualización instantánea legibles para el usuario con gráficos, texto e imágenes en un único documento interactivo con presentación profesional. Permite la exploración, validación y verificación de diseños, y la comunicación sin ambigüedad de la información crucial de ingeniería.

La instalación estudiada necesita proveer de energía tanto a la red de distribución de ACS como a la de climatización de la piscina. En ocasiones estas instalaciones se individualizan, es decir se diseña una instalación propia para la red de agua caliente sanitaria, así como otra para la climatización de la piscina. En este caso debido a que no es necesario tener dos temperaturas diferentes en los circuitos y la fracción solar exigida para el consumo de ACS y para la piscina es igual, con valor de 0,6; se simplifica la instalación abaratando simultáneamente costes realizando una única instalación.

La primera hoja de cálculo que se utiliza ayuda a hacer una primera estimación del área de captadores que se va a necesitar para cumplir con las especificaciones de diseño. Para ello se fijan unos valores de radiación solar, que dependen de la localización, así como las características de consumo y de los colectores solares escogidos; a partir de los cuales el programa arrojará una estimación del área de captadores necesaria para satisfacer la demanda y la fracción solar demandada.

Se introducen inicialmente los datos iniciales de latitud, radiación y temperatura media ambiente, datos proporcionados por Censolar:

SIMULACION DE UNA INSTALACIÓN SOLAR DE ACS: CÁLC. DE ÁREA.

Caso simplificado: sin pérdidas en tuberías ni en tanque. Régimen DIARIO estacionario.

1.- DATOS:

Radiación sobre plano horizontal:

$$H_{\text{solar}} := 4.660 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{hr}}{\text{m}^2} \quad h_{\text{sol}} := 12 \cdot \text{hr} \quad H_{\text{solarW}} := \frac{H_{\text{solar}}}{h_{\text{sol}}} \quad H_{\text{solarW}} = 0.388 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

Latitud: $\phi := 38.64 \cdot \text{deg}$ $h_{\text{sol}} := 9.7 \cdot \text{hr}$ "CENSOLAR"

Temperatura ambiente: $T_0 := 20.1 \cdot \text{K} + 273.15 \cdot \text{K} \quad T_0 = 293.25 \text{ K}$

Radiación sobre plano inclinado. Cálculo simplificado (prediseño):

$$\beta_{\text{optimo}} := \phi$$

El cálculo realizado con **"HT a partir de H.mcd"** proporciona un factor de inclinación medio anual de:

$$\text{FactorT}_{\text{medio}} := 1.065$$

$$\text{HsolarWt} := \text{HsolarW} \cdot \text{FactorT}_{\text{medio}}$$

$$\text{HsolarWt} = 413.575 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Rendimiento del
colector:

$$a0 := 0.802$$

$$a1 := 4.181 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$a2 := 0.0100 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^2}$$

Se han introducido los valores dependientes de las características del captador.

a0: rendimiento óptico;

a1 y a2: coeficientes de pérdidas por transmisión;

Eficiencia del
IC:

$$\epsilon_{\text{ic}} := 0.5$$

Propiedades del, flujo primario (agua con propilenglicol al 35%):

$$cp1 := 3850 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \rho1 := 1015 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Propiedades del, flujo secundario (agua pura):

$$cp2 := 4180 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \rho2 := 992 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Propiedades del, flujo de consumo (agua pura):

$$cp_{\text{cons}} := 4180 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \rho_{\text{cons}} := 992 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para fijar el consumo diario de ACS se va a realizar una media entre los consumos anuales. En este caso por la particularidad del consumo nulo de tres meses, la media se tomara utilizando los datos de los meses con consumo de agua caliente.

$$V_{\text{cons día}} = \frac{7003 + 7668 + 12200 + 14868 + 12410 + 10473 + 7862 + 1880 + 2465}{9}$$

Consumo diario de ACS:

$$V_{\text{consdía}} := 8537 \cdot \text{L}$$

$$V_{\text{consdía}} = 8.537 \times 10^3 \cdot \text{L}$$

$$m_{\text{cons}} := \frac{V_{\text{consdía}} \cdot \rho_{\text{cons}}}{h_{\text{sol}}} \quad m_{\text{cons}} = 0.196 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Fracción solar de ACS:

$$T_{\text{sum}} := 60 \cdot \text{K} + 273.15 \cdot \text{K} \quad T_{\text{red}} := 15 \cdot \text{K} + 273.15 \cdot \text{K}$$

$$f := 0.6 \quad \text{Contribución solar media anual}$$

$$Q_{\text{cons}} := m_{\text{cons}} \cdot c_{p\text{cons}} \cdot (T_{\text{sum}} - T_{\text{red}}) \quad Q_{\text{cons}} = 3.687 \times 10^4 \text{ W}$$

Grado de estratificación del
tanque:

$$E_t := 0.5 \quad \text{Definido como: } (T_{\text{cons}} - T_t) / (T_i - T_t)$$

2.- Valores iniciales de los parámetros variables:

Área estimada de colectores:

$$A_{col} := 90 \cdot m^2 \quad A_{col} = 90 m^2$$

Gasto másico del primario:

$$m1 := 55 \cdot \frac{L}{hr} \cdot \frac{1}{2 \cdot m^2} \cdot \rho1 \cdot A_{col} \quad m1 = 0.698 \frac{kg}{s}$$

$$C1 := m1 \cdot cp1 \quad C1 = 2.687 \times 10^3 \frac{1}{K} \cdot W$$

Se definen los gastos másicos del primario y secundario en función de las recomendaciones del fabricante y se igualan ambos gastos trabajando el intercambiador con fluidos simétricos.

Gasto másico del secundario:

$$m2 := m1 \quad m2 = 0.698 \frac{kg}{s}$$

$$C2 := m2 \cdot cp2 \quad C2 = 2.917 \times 10^3 \frac{1}{K} \cdot W$$

$$C_{min} := \min(C1, C2) \quad C_{min} = 2.687 \times 10^3 \frac{1}{K} \cdot W$$

Es de vital importancia a la hora de poder llegar a unos datos fiables o incluso poder llegar a alguna solución razonable definir unos valores de temperaturas iniciales para que el programa comience la iteración lo más próximos a la realidad que sea posible.

3.- Valores iniciales de las incógnitas:

$$T_{ci} := 40 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$T_{ci} := 80 \cdot K + 273.15 \cdot K \quad T_{co} := 90 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$T_{co} := 80 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$T_{cons} := 45 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$T_t := \frac{T_{co} + T_{red}}{2}$$

$$T_t - 273.15 \cdot K = 47.5 \cdot K$$

Se plantea el siguiente sistema de ecuaciones dependientes de los valores anteriormente introducidos.

4.- Sistema de ecuaciones:

Dado

$$C1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = H_{solar} W_t \cdot A_{col} \cdot \left[a_0 - \frac{T_{ci} - T_0}{H_{solar} W_t} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_{ci} - T_0}{H_{solar} W_t} \right)^2 \cdot H_{solar} W_t \right]$$

$$C1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = C2 \cdot (T_{co} - T_{ci})$$

$$\epsilon_{ic} = \frac{C2 \cdot (T_{co} - T_{ci})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ci})}$$

$$C2 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = m_{cons} \cdot c_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red})$$

$$f = \frac{T_{cons} - T_{red}}{T_{sum} - T_{red}}$$

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{co} - T_t}$$

$$T_t = \frac{T_{co} \cdot m_2 + T_{red} \cdot m_{cons}}{m_2 + m_{cons}}$$

$$\begin{pmatrix} \text{var1} \\ \text{var2} \\ \text{var3} \\ \text{var4} \\ \text{var5} \\ \text{var6} \\ \text{var7} \end{pmatrix} := \text{Minerr}(\text{Tci}, \text{Tci}, \text{Tco}, \text{Tco}, \text{Tcons}, \text{Tt}, \text{Acol})$$

$$\text{Tci} := \text{var1} \quad \text{Tci} := \text{var2} \quad \text{Tco} := \text{var3} \quad \text{Tco} := \text{var4} \quad \text{Tcons} := \text{var5}$$

$$\text{Tt} := \text{var6} \quad \text{Acol} := \text{var7}$$

$$\frac{\text{mcons}}{\text{m2}} = 0.281$$

$$\text{Tci} - 273.15 \cdot \text{K} = 45.976 \text{ K}$$

$$\text{Tco} - 273.15 \cdot \text{K} = 45.325 \text{ K}$$

$$\text{Tco} - 273.15 \cdot \text{K} = 54.211 \text{ K}$$

$$\text{Tcons} - 273.15 \cdot \text{K} = 42 \text{ K}$$

$$\text{Acol} = 102.047 \text{ m}^2$$

$$\text{Tt} - 273.15 \cdot \text{K} = 38.675 \text{ K}$$

$$\text{Tci} - 273.15 \cdot \text{K} = 37.74 \text{ K}$$

$$\text{Et} = 0.5$$

$$\text{Tred} - 273.15 \cdot \text{K} = 15 \text{ K}$$

$$\eta_c := a_0 - \frac{\text{Tci} - \text{T0}}{\text{HsolarWt}} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{\text{Tci} - \text{T0}}{\text{HsolarWt}} \right)^2 \cdot \text{HsolarWt}$$

$$f = 0.6$$

$$\eta_c = 0.524$$

$$\epsilon_{ic} = 0.5$$

$$\frac{\text{Tci} - \text{T0}}{\text{HsolarWt}} = 0.063 \cdot \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{Qcol} := \text{C1} \cdot (\text{Tco} - \text{Tci})$$

$$\text{Qcol} = 2.212 \times 10^4 \text{ W}$$

$$\text{Qcons} = 3.687 \times 10^4 \text{ W}$$

$$\frac{\text{Qcol}}{\text{Qcons}} = 0.6$$

Estos datos son muy aproximados ya que no toma valores mensuales ni de consumos ni de temperaturas, si no valores medios pero es una herramienta muy útil a la hora de obtener un valor para empezar la iteración en la siguiente hoja de cálculo.

A partir del dato obtenido del área de los colectores, se va a inicializar otra hoja de cálculo en Mathcad para obtener el área y los ángulos de inclinación de los captadores óptimos para cubrir con las exigencias detalladas en la instalación.

Tras estudiar varias situaciones se fija un área de captación lo más reducida posible, siempre cumpliendo la exigencia en cuanto a contribución solar mínima, para disminuir al máximo los costes de la instalación. Tras fijar el área se va estudiando como afecta la inclinación de los captadores y se fijan para obtener la mejor relación de energía producida.


Se expone finalmente los cálculos con los parámetros optimizados. Se comienza introduciendo un archivo con los datos de temperaturas y radiación de la localización estudiada.

Se debe definir la latitud, que se utiliza la propia de la ciudad de Benidorm; la orientación se sitúa hacia el sur, al estar en el hemisferio norte; la reflectividad del suelo que se fija en 0,2; y la inclinación de los captadores en esta hoja se fija la optimizada anteriormente según los datos reflejados en la tabla 19.

CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR DE ACS: ACTUACIONES.

Caso simplificado: sin pérdidas en tuberías ni en acumulador. Régimen estacionario.

1.- DATOS:

TA :=

 Datos alicante11.txt

i := 1..rows(TA)

$H_{ad} := TA^{(1)}$

$T_{0C} := TA^{(5)}$

$V_{consdia\%} := TA^{(6)}$

$T_{redC} := TA^{(7)}$

$Hd_{ad} := TA^{(2)}$

$A_{col} := 96.3 \cdot m^2$

Latitud: $\phi := 38.66\text{-deg}$

Inclinación: $\beta := 39\text{deg}$

Orientación: $\gamma := 0\text{-deg}$

Reflectividad del
suelo:

$\rho_g := 0.2$

$H_{\text{ref}} := H_{ad_i} \cdot \frac{W \cdot hr}{m^2}$

$Hd_i := Hd_{ad_i} \cdot \frac{W \cdot hr}{m^2}$

Temperatura ambiente:

$T_0 := T_{0C} \cdot K + 273.15 \cdot K$

Mes	Irradiación Total diaria media de cada mes en Madrid [W·h/(m ² ·dia)]	Irradiación difusa diaria media de cada mes en Ma- drid [W·h/(m ² ·dia)]	To [°C]	Tred [°C]
Enero	2610	950	13	11
Febrero	3490	1180	14	12
Marzo	4700	1670	16	13
Abril	6130	1830	18	14
Mayo	6920	2260	21	16
Junio	7650	2250	25	18
Julio	7730	2170	28	20
Agosto	6820	2170	28	20
Septiembre	5450	1660	26	19
Octubre	3990	1300	21	16
Noviembre	2810	970	17	13

Tabla 20: TA, Datos Alicante.

Se necesita el valor del número del día dentro del año, se toma un valor medio (n) calculado mediante la siguiente expresión:

$$n_i := \left(\sum_{\text{mes} = 1}^i \text{diasmes}_{\text{mes}} \right) - \frac{\text{diasmes}_i}{2}$$

Ecuación 1: Día medio de cada mes.

diasmes :=

	0
0	31
1	28
2	31
3	30
4	31
5	30
6	31
7	31
8	30
9	31
10	30
11	31

Tabla 21: Número de días por mes.

$$\sum_{\text{mes} = 1}^{12} \text{diasmes}_{\text{mes}} = 365$$

Ecuación 2: Días por año.

	1
1	15.5
2	45
3	74.5
4	105
5	135.5
n = 6	166
7	196.5
8	227.5
9	258
10	288.5
11	319
12	349.5

Tabla 22: Día medio de cada mes.

$$\delta := \overrightarrow{\left[23.45 \cdot \deg \cdot \sin \left[\frac{360 \cdot \deg}{365} \cdot (284 + n) \right] \right]}$$

Ecuación 3: Ángulo de declinación de la tierra.

Utilizando los datos de latitud y declinación, se calculan los valores del ángulo horario para plano horizontal y plano inclinado mediante la utilización de las siguientes ecuaciones:

Ángulo horario de salida y puesta del sol sobre el plano inclinado (T):

$$\omega_{sT_i} := \arccos \left(-\tan(\phi - \beta) \cdot \tan(\delta_i) \right) \quad \text{Esta expresión sólo es aplicable cuando } \gamma = 0, \text{ y es la que hay que aplicar en ese caso, porque las otras no dan solución en ese caso.}$$

$$x := \text{if} \left(\gamma = 0, 0, \frac{\cos(\phi)}{\sin(\gamma) \cdot \tan(\beta)} + \frac{\sin(\phi)}{\tan(\gamma)} \right) = 0 \quad y_i := \text{if} \left(\gamma = 0, 0, \tan(\delta_i) \cdot \left(\frac{\sin(\phi)}{\sin(\gamma) \cdot \tan(\beta)} - \frac{\cos(\phi)}{\tan(\gamma)} \right) \right)$$

Salida del sol para el captador (plano inclinado):

$$\omega_{srT_i} := \min \left[\omega_{sz_i}, \text{if} \left[\gamma = 0, \omega_{sT_i}, \text{if} \left[\gamma > 0, \arccos \left[\frac{-x \cdot y_i + \sqrt{x^2 - (y_i)^2 + 1}}{x^2 + 1} \right], \arccos \left[\frac{-x \cdot y_i + \sqrt{x^2 - (y_i)^2 + 1}}{x^2 + 1} \right] \right] \right] \right]$$

Puesta del sol para el captador (plano inclinado):

$$\omega_{ssT_i} := \min \left[\omega_{sz_i}, \text{if} \left[\gamma = 0, \omega_{sT_i}, \text{if} \left[\gamma > 0, \arccos \left[\frac{-x \cdot y_i + \sqrt{x^2 - (y_i)^2 + 1}}{x^2 + 1} \right], \arccos \left[\frac{-x \cdot y_i - \sqrt{x^2 - (y_i)^2 + 1}}{x^2 + 1} \right] \right] \right] \right]$$

$$h_{sz_i} := 2 \omega_{sz_i} \cdot \frac{24 \cdot \text{hr}}{360 \cdot \deg} \quad h_{sT_i} := (\omega_{srT_i} + \omega_{ssT_i}) \cdot \frac{24 \cdot \text{hr}}{360 \cdot \deg} \quad HW := \overrightarrow{\left(\frac{H}{h_{sz}} \right)} \quad HdW := \overrightarrow{\left(\frac{Hd}{h_{sz}} \right)}$$

A continuación y con la utilización de la siguiente expresión se calcula la irradiación terrestre para el plano horizontal:

Irradiación extraterrestre diaria:

$$G_{0n_i} := 1367 \cdot \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n_i}{365} \cdot \text{deg}\right) \right) \cdot \frac{W}{m^2} \quad H_{0_i} := 2 \cdot \frac{12 \cdot 3600 \cdot s \cdot G_{0n_i}}{\pi} \cdot \left(\cos(\phi) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega_{sz_i}) + \omega_{sz_i} \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_i) \right)$$

$$H_{0\beta_i} := 2 \cdot \frac{12 \cdot 3600 \cdot s \cdot G_{0n_i}}{\pi} \cdot \left(\cos(\phi - \beta) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega_{ssT_i}) + \omega_{ssT_i} \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin(\delta_i) \right)$$

$$\omega_{srT_i} := -\omega_{srT_i}$$

$$H_{0\beta\gamma_i} := \frac{12 \cdot 3600 \cdot s \cdot G_{0n_i}}{\pi} \cdot \left(\sin(\delta_i) \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\beta) \cdot \left| \omega_{ssT_i} - \omega_{srT_i} \right| - \sin(\delta_i) \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\gamma) \cdot \left| \omega_{ssT_i} - \omega_{srT_i} \right| + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \cos(\beta) \cdot \right.$$

$$\left. \left| \sin(\omega_{ssT_i}) - \sin(\omega_{srT_i}) \right| + \cos(\delta_i) \cdot \cos(\gamma) \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \left| \sin(\omega_{ssT_i}) - \sin(\omega_{srT_i}) \right| + \cos(\delta_i) \cdot \sin(\beta) \cdot \sin(\gamma) \cdot \left| \cos(\omega_{ssT_i}) - \cos(\omega_{srT_i}) \right| \right)$$

Índice de transparencia atmosférica

$$k_{T_i} := \frac{H_i}{H_{0_i}}$$

Proporción de radiación
difusa

Correlación de Vázquez y Santos corregida por declinación (Rodríguez 2010):

Para ser utilizada en la estimación de la fracción de radiación difusa, cuando no se dispone de datos de irradiación difusa diaria.

$$k_{dVSc_i} := \begin{cases} k_{T_i} & \text{if } k_{T_i} \leq 0.15 \\ \left[(0.56 + 0.02 \cdot \delta_i)^{0.35} \cdot \left[-0.0434526 + 1.55331 \cdot k_{T_i} - 1.82879 \cdot (k_{T_i})^2 \right] \right] & \text{if } 0.15 \leq k_{T_i} < 0.77 \\ 0.06 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_{dVSc_i} := \frac{k_{dVSc_i}}{k_{T_i}} \quad \text{Vázquez y Santos definen } K_d \text{ como } H_d/H_0 \text{ en lugar de como hace el resto (Hd/H).}$$

$$K_d \text{ experimental: } k_{d_i} := \frac{H_{d_i}}{H_i}$$

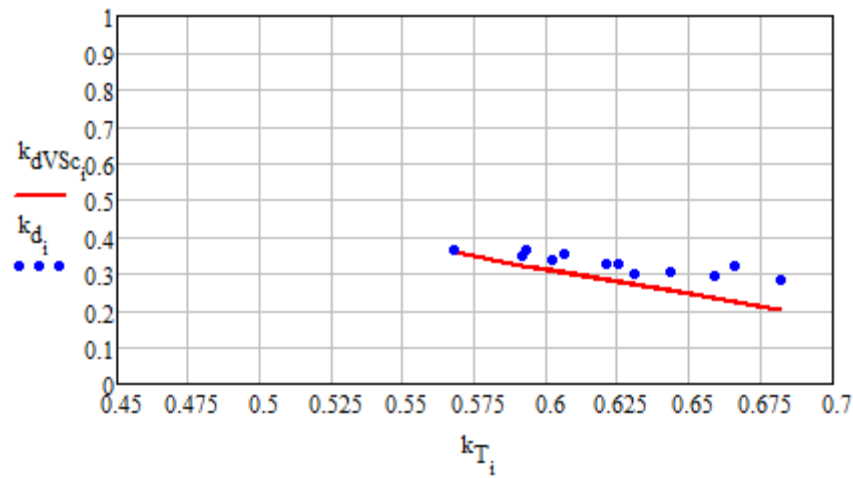


Ilustración 30: Proporción de radiación difusa.

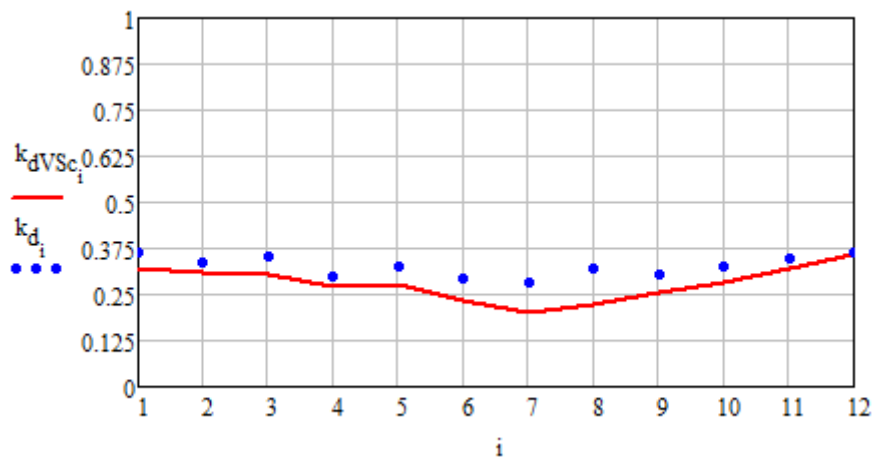


Ilustración 31: Radiación difusa para tiempo solar.

$$H_{dmod_i} := H_i \cdot k_{dVSc_i}$$

$$H_{bmod_i} := H_i - H_{dmod_i}$$

$$Hb_i := H_i - Hd_i$$

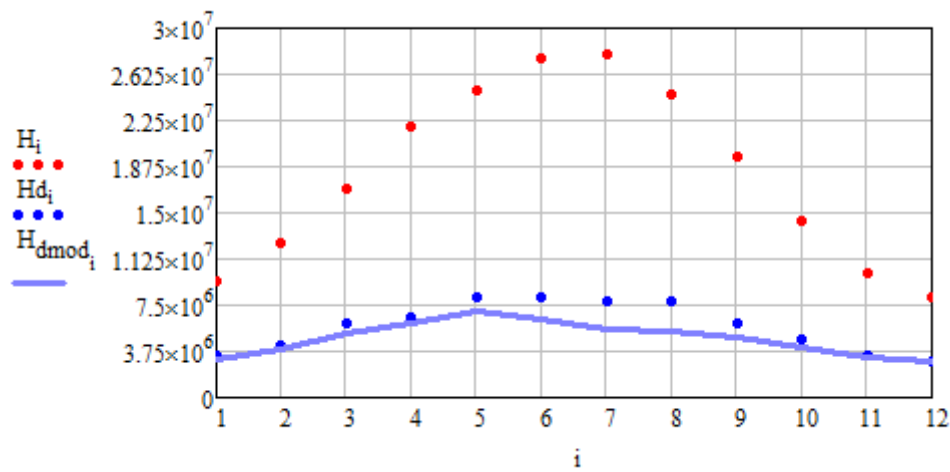


Ilustración 32: Irradiación diaria total y difusa.

A continuación después de calcular la irradiación, se definen los modelos de cielo en plano inclinado:

Existen dos tipos de modelos, el isotrópico y el anisotrópico; se elige el anisotrópico por arrojar valores más exactos sin ser un cálculo mucho más complicado.

Radiación sobre plano inclinado:

Cálculo de R_b y de los factores de forma de la superficie inclinada (captador):

$$H_{0T_i} := \text{if}(\gamma = 0, H_{0\beta_i}, H_{0\beta_i} \gamma_i) \quad R_{b_i} := \frac{H_{0T_i}}{H_{0_i}} \quad F_{c_s} := \frac{1 + \cos(\beta)}{2} = 0.889 \quad F_{c_g} := \frac{1 - \cos(\beta)}{2} = 0.111$$

Modelo isotrópico:

$$H_{T_directa_i} := H_{b_i} \cdot R_{b_i} \quad H_{T_difusa_iso_i} := H_{d_i} \cdot F_{c_s} \quad H_{T_reflejada_i} := H_i \cdot \rho_g \cdot F_{c_g}$$

$$H_{T_iso_i} := H_{T_directa_i} + H_{T_difusa_iso_i} + H_{T_reflejada_i}$$

Modelo anisotrópico o HDKR (Hay, Davies, Klucher & Reindl):

$$A_{i_i} := \frac{H_{b_i}}{H_{0_i}} \quad f_i := \sqrt{\frac{H_{b_i}}{H_i}}$$

$$H_{T_directa_i} := H_{b_i} \cdot R_{b_i} \quad H_{T_difusa_circun_i} := H_{d_i} \cdot A_{i_i} \cdot R_{b_i} \quad H_{T_difusa_cielo_i} := H_{d_i} \cdot (1 - A_{i_i}) \cdot F_{c_s}$$

$$H_{T_difusa_horizonte_i} := H_{d_i} \cdot (1 - A_{i_i}) \cdot f_i \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)^3 \quad H_{T_reflejada_i} := H_i \cdot \rho_g \cdot F_{c_g}$$

$$H_{T_aniso_i} := H_{T_directa_i} + H_{T_difusa_circun_i} + H_{T_difusa_cielo_i} + H_{T_difusa_horizonte_i} + H_{T_reflejada_i}$$

$$HW_{T_i} := \frac{H_{T_aniso_i}}{h_{sT_i}}$$

$$HW_{T_i} := \frac{H_{T_iso_i}}{h_{sT_i}}$$

Habilitar una de las dos expresiones para elegir entre modelo isotrópico o anisotrópico.

Datos de demanda:

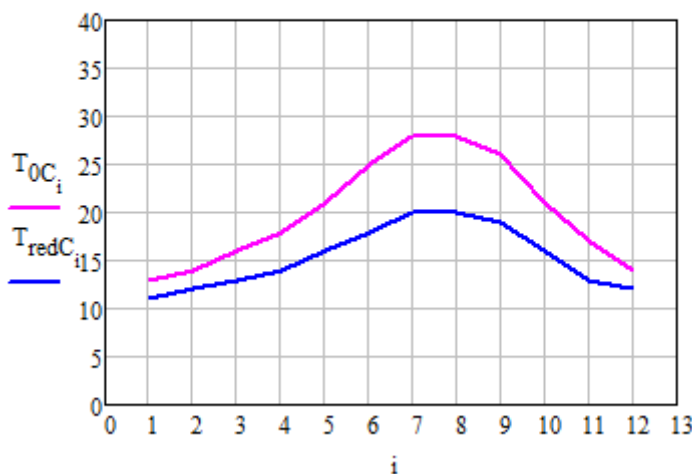


Ilustración 33: Temperatura media ambiental (To) y temperatura del agua de la red de distribución (Tred).

Se definen los datos correspondientes al tipo de colector elegido:

a0: rendimiento óptico;

a1 y a2: coeficientes de pérdidas por transmisión;

Rendimiento del captador y parámetros de la instalación:

$$a0 := 0.802$$

$$a1 := 4.181 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$a2 := 0.0100 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K^2}$$

Efectividad del
IC:

$$\varepsilon_{ic} := 0.5$$

Se definen las propiedades del flujo primario con las propiedades del anticongelante, y las del secundario que es agua de consumo:

Propiedades del, flujo primario (agua con propilenglicol al 35%):

$$cp1 := 3850 \cdot \frac{J}{kg \cdot K} \quad \rho1 := 1015 \cdot \frac{kg}{m^3}$$

Propiedades del, flujo secundario (agua pura):

$$cp2 := 4180 \cdot \frac{J}{kg \cdot K} \quad \rho2 := 992 \cdot \frac{kg}{m^3}$$

Propiedades del, flujo de consumo (agua pura):

$$cpcons := 4180 \cdot \frac{J}{kg \cdot K} \quad \rhocons := 992 \cdot \frac{kg}{m^3}$$

Se introduce el consumo diario total dividiendo el consumo mensual entre el numero de dias de cada mes.

Consumo diario de ACS:

Vconsdia(real) :=	0	m ³
	0	
	0	
	7.003	
	7.668	
	12.200	
	14.868	
	12.410	
	10.473	
	7.862	
	1.880	
	2.465	

Utilizamos Vconsdia, que es Vconsdia añadiendo el caudal que vamos a disipar en los meses q sea necesario, es decir, mes 1-2-3-11-12.

Tabla 23: Consumo real.

Vconsdia :=	5	m ³
	5	
	5	
	7.003	
	7.668	
	12.200	
	14.868	
	12.410	
	10.473	
	7.862	
	3	
	3	

Tabla 24: Consumo añadiendo el disipado.

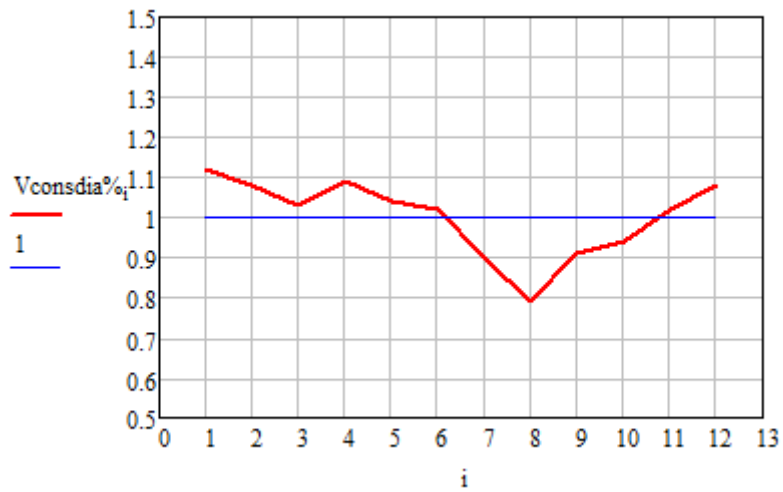


Ilustración 34: Variación del consumo a lo largo del año.

$$m_{\text{cons}} := \frac{\overrightarrow{V_{\text{consdia}} \cdot \rho_{\text{cons}}}}{h_s T}$$

Ecuación 4: Gastos máxicos mensuales.

	1	
1	0.144	
2	0.131	
3	0.118	
4	0.161	
5	0.176	
mcons = 6	0.281	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
7	0.342	
8	0.285	
9	0.241	
10	0.198	
11	0.084	
12	0.089	

Tabla 25: Gastos másicos mensuales.

Se define la temperatura a la que se suministra el agua caliente y la temperatura de red para calcular la potencia térmica.

Temperatura de
ACS:

$$T_{\text{sum}} := 60 \cdot \text{K} + 273.15 \cdot \text{K} \quad T_{\text{red}} := T_{\text{redC}} \cdot \text{K} + 273.15 \cdot \text{K}$$

$$Q_{\text{cons}} := \overrightarrow{[m_{\text{cons}} \cdot c_{p\text{cons}} \cdot (T_{\text{sum}} - T_{\text{red}})]}$$

Ecuación 5: Potencia térmica necesaria.

Grado de estratificación del acumulador:

$$Et := 0.25 \quad \text{Definido como:} \\ (T_{\text{cons}} - T_t) / (T_{\text{ico}} - T_t)$$

Se define el gasto másico en función de la recomendación del fabricante:

Valores iniciales de los parámetros variables:

Gasto másico del primario calculado en función de la superficie de captadores y la recomendación del fabricante:

$$m1 := 55 \cdot \frac{L}{hr} \cdot \frac{1}{2 \cdot m^2} \cdot \rho1 \cdot Acol$$

Para ver el efecto de no poner el gasto nominal: $m1 := m1 \cdot 0.5$ $m1 = 0.373 \frac{kg}{s}$

$$C1 := m1 \cdot cp1 \quad C1 = 1.437 \times 10^3 \frac{1}{K} \cdot W$$

Gasto másico del secundario:

$$m2 := m1 \quad m2 = 0.373 \frac{kg}{s}$$

$$C2 := m2 \cdot cp2 \quad C2 = 1.561 \times 10^3 \frac{1}{K} \cdot W$$

$$Cmin := \min(C1, C2) \quad Cmin = 1.437 \times 10^3 \frac{1}{K} \cdot W$$

Se han definido el flujo primario y el secundario iguales de esta manera el intercambiador trabaja con flujos simétricos.

Es de vital importancia a la hora de poder llegar a unos datos fiables o incluso poder llega a alguna solución razonable definir unos valores de temperaturas iniciales para que el programa comience la iteración lo más próximos a la realidad que sea posible.

Valores iniciales de las incógnitas:

$$Tci_1 := 40 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$Tci_1 := 80 \cdot K + 273.15 \cdot K \quad Tco_1 := 90 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$Tico_1 := 80 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$Tcons_1 := 45 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$Tt := \frac{Tico + Tred}{2}$$

Fracción solar estimada:

$$f_i := 0.6$$

$$Tm_1 := 85 \cdot K + 273.15 \cdot K$$

El sistema de ecuaciones planteado se basa en su mayor parte en los balances de masa y energía de cada componente de la instalación

Sistema de ecuaciones:

Dado

$$[C1 \cdot (T_{co} - T_{ci})] = \left[HW_T \cdot A_{col} \cdot \left[a_0 - \frac{T_m - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_m - T_0}{HW_T} \right)^2 \right] \cdot HW_T \right]$$

$$[C1 \cdot (T_{co} - T_{ci})] = [C2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]$$

$$\epsilon_{ic} = \frac{C2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ci})}$$

$$[C2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})] = [m_{cons} \cdot c_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red})]$$

$$f = \frac{T_{cons} - T_{red}}{T_{sum} - T_{red}}$$

$$Et = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t}$$

$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot m_2 + T_{red} \cdot m_{cons}}{m_2 + m_{cons}}$$

$$T_m = \frac{(T_{co} + T_{ci})}{2}$$

$$\begin{pmatrix} \text{var1} \\ \text{var2} \\ \text{var3} \\ \text{var4} \\ \text{var5} \\ \text{var6} \\ \text{var7} \\ \text{var8} \end{pmatrix} := \text{Find}(T_{ici}, T_{ci}, T_{co}, T_{ico}, T_{cons}, T_t, f, T_m)$$

$$T_{ici} := \text{var1} \quad T_{ci} := \text{var2} \quad T_{co} := \text{var3} \quad T_{ico} := \text{var4} \quad T_{cons} := \text{var5} \quad T_m := \text{var8}$$

$$T_t := \text{var6} \quad f := \text{var7} \quad \epsilon_{ic} = 0.5 \quad Et = 0.25$$

$$A_{col} = 96.3 \text{ m}^2$$

$$\eta_c := \left[a_0 - \frac{T_{ci} - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_{ci} - T_0}{HW_T} \right)^2 \right] \cdot HW_T$$

$$Q_{col} := [C1 \cdot (T_{co} - T_{ci})]$$

Resultados:

$$\text{mean}(\eta_c) = 0.49$$

$$\text{mean}(Q_{\text{col}}) = 2.159 \times 10^4 \text{ W}$$

$$\text{mean}(f) = 0.678$$

La media de f no es el f anual, porque cada mes tiene una radiación distinta.

$$f_{\text{anual}} = 0.635$$

$$f_{\text{anual}} := \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{\text{col}_i}}{\sum_{i=1}^{12} Q_{\text{cons}_i}}$$

Ecuación 6: Fracción solar obtenida.

	1
1	0.452
2	0.436
3	0.423
4	0.48
5	0.501
$\eta_c =$ 6	0.58
7	0.609
8	0.586
9	0.557
10	0.517
11	0.366
12	0.37

Tabla 26: Valores mensuales del rendimiento medio.

	1
1	0.658
2	0.73
3	0.776
4	0.687
5	0.664
f = 6	0.522
7	0.492
8	0.567
9	0.606
10	0.64
11	0.952
12	0.84

Tabla 27: Fracción solar mensual.

	1
1	$2.942 \cdot 10^4$
2	$2.63 \cdot 10^4$
3	$2.309 \cdot 10^4$
4	$3.094 \cdot 10^4$
5	$3.243 \cdot 10^4$
Qcons = 6	$4.926 \cdot 10^4$ W
7	$5.717 \cdot 10^4$
8	$4.769 \cdot 10^4$
9	$4.122 \cdot 10^4$
10	$3.641 \cdot 10^4$
11	$1.649 \cdot 10^4$
12	$1.782 \cdot 10^4$

Tabla 28: Potencia térmica demandada.

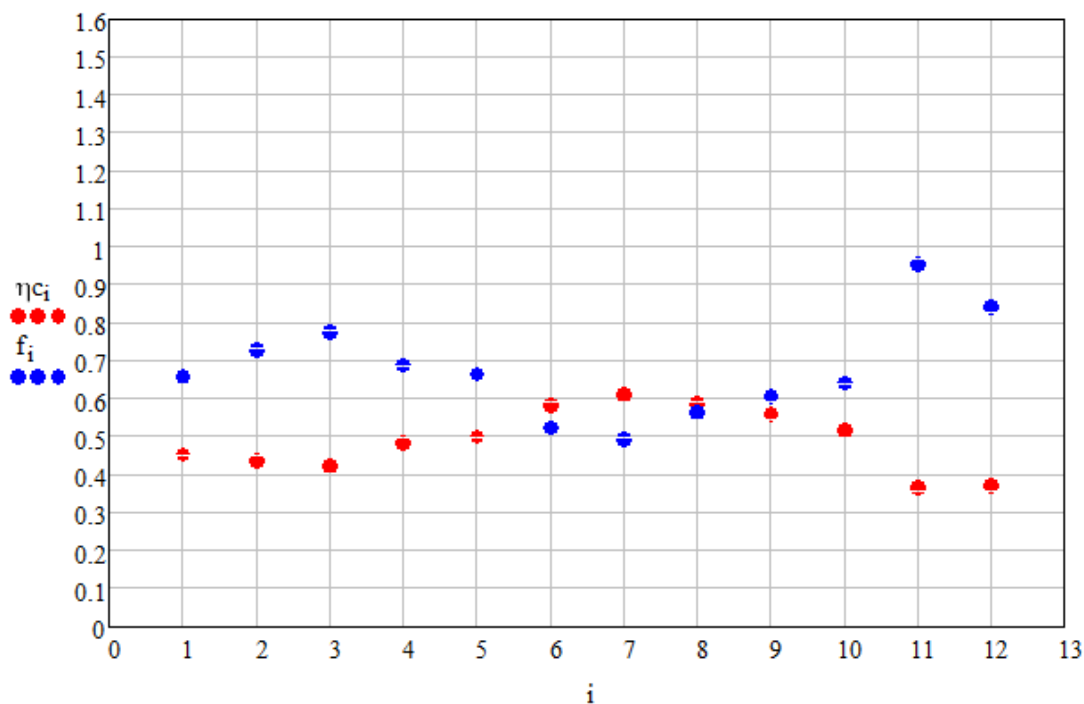


Ilustración 35: Variación fracción solar y rendimiento medio.

	1
1	$1.936 \cdot 10^4$
2	$1.92 \cdot 10^4$
3	$1.792 \cdot 10^4$
4	$2.125 \cdot 10^4$
5	$2.152 \cdot 10^4$
Qcol = 6	$2.573 \cdot 10^4$ W
7	$2.815 \cdot 10^4$
8	$2.706 \cdot 10^4$
9	$2.499 \cdot 10^4$
10	$2.329 \cdot 10^4$
11	$1.569 \cdot 10^4$
12	$1.497 \cdot 10^4$

Tabla 29: Potencia obtenida por los captadores.

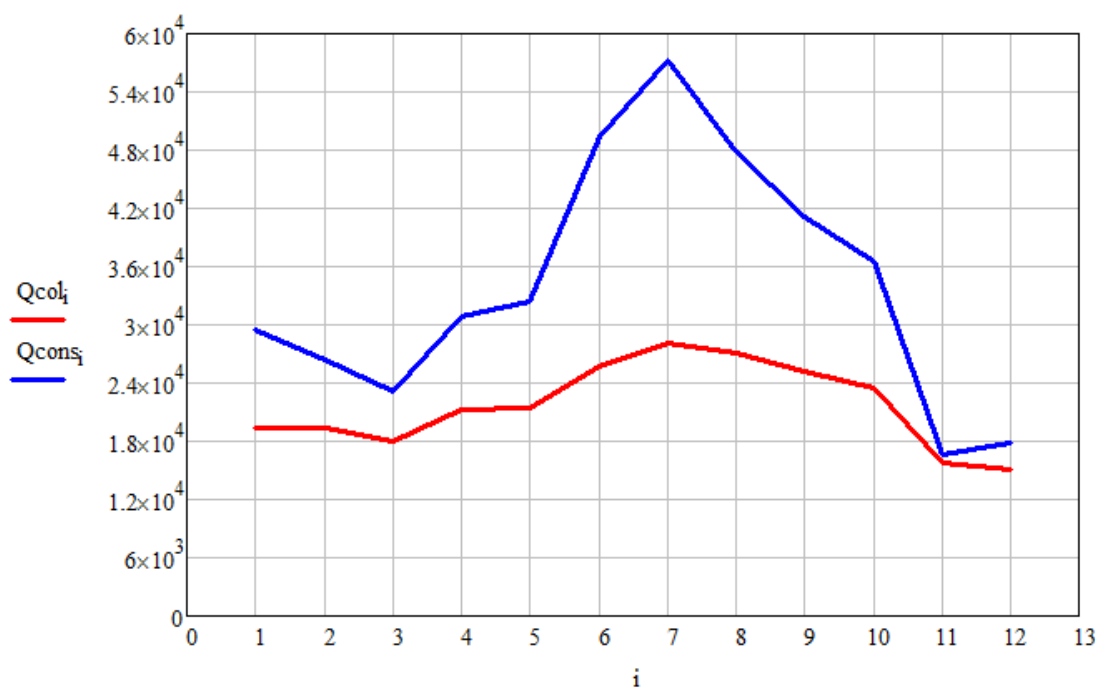


Ilustración 36: Potencia térmica demandada y la obtenida por los captadores.

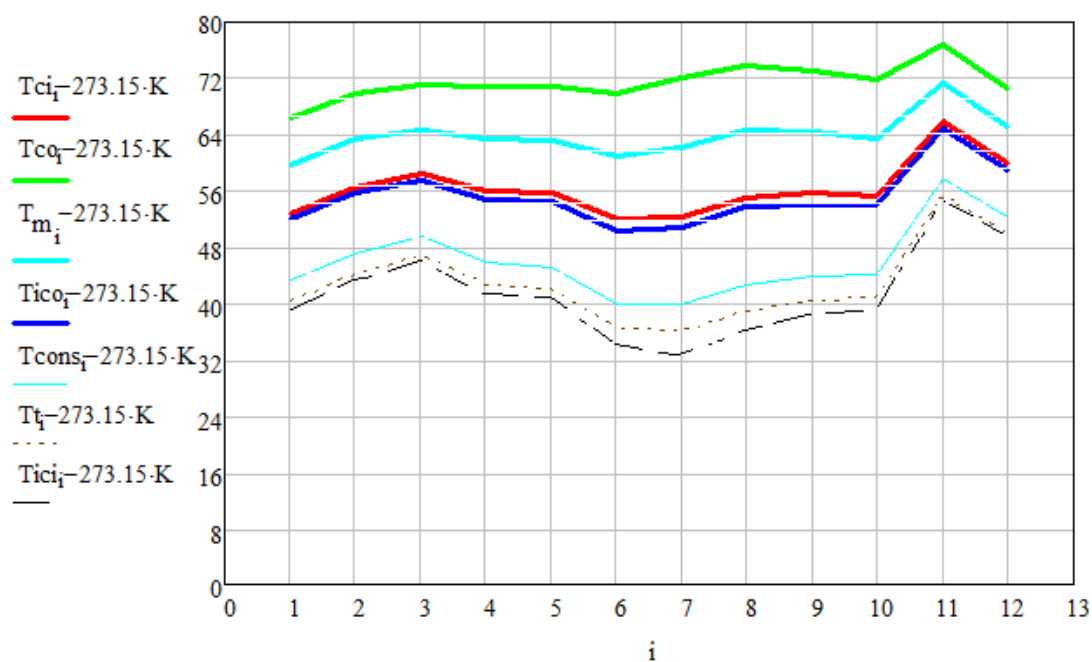


Ilustración 37: Evolución de la temperatura en los distintos puntos de la instalación.

β (°)	γ (°)	η_{medio}	$Q_{\text{col}} (\cdot 10^4 \text{ W})$	f
20	0	0,488	2,020	0,616
25	0	0,488	2,073	0,626
30	0	0,488	2,115	0,633
35	0	0,489	2,144	0,635
40	0	0,490	2,162	0,634
45	0	0,491	2,168	0,630
50	0	0,492	2,163	0,621
36	0	0,489	2,149	0,635
37	0	0,489	2,153	0,635
38	0	0,489	2,156	0,635
39	0	0,490	2,159	0,635

Tabla 30: Datos mathcad en función de la inclinación de los captadores.

β : ángulo de inclinación del captador

γ : orientación del captador

η_{medio} : rendimiento medio anual de los captadores

Q_{col} : potencia térmica de los captadores

f: fracción solar anual media

El caso anteriormente estudiado se fijaba por los datos proporcionados por el establecimiento que los tres primeros meses del año se cerraba y con ello el consumo de ACS era nulo.

Con el fin de aguardar un aumento del turismo futuro en esos tres meses y la consiguiente apertura del hotel, se va a realizar el dimensionado de la instalación suponiendo una ocupación no nula, y esclarecer cuales serían las diferencias.

Lo primero a definir es la aproximación que damos de la ocupación, para ello se va a prefijar una ocupación interpolada entre el mes de Diciembre y el de Abril.

Para aproximar el consumo de ACS para la climatización de la piscina hay que tener en cuenta varias variables, las más significativas serían: la temperatura exterior, la evaporación y también el uso que se le dé. No se dispone de los datos necesarios para poder hacer una buena estimación, con lo que se van a basar en los consumos dados en los meses de abril y diciembre. Se podría caer en ir aumentando el consumo progresivamente, pero no se toma esa idea debido a que aumentaría el consumo debido a la temperatura más baja en enero, pero en marzo al radiación solar es mayor pudiendo aumentar de esta manera la evaporación. Con lo que se fija un valor intermedio.

Mes	% ocupación	Nº personas (%ocupación x 272)	Consumo ACS estimado(Litros/día) (nº personas x 41)	Consumo estimado piscina (Litros/día)
Enero	32	87	3567	1110
Febrero	32	87	3567	1110
Marzo	32	87	3567	1110
Abril	50	136	5576	1427
Mayo	53	144	5904	1764
Junio	83	226	9266	2934
Julio	95	258	10578	4290
Agosto	86	232	9512	2898
Septiembre	78	212	8692	1791
Octubre	65	177	7257	605
Noviembre	10	27	1107	773
Diciembre	15	41	1672	793

Tabla 31: Consumo desglosado con ocupación durante todo el año.

En esta nueva situación se va a proceder al igual que la anterior utilizando las hojas de Mathcad, en este caso no se va a utilizar la de estimación de área ya que lo que se va a intentar es poder satisfacer esta futura demanda con la instalación ya existente, y de no ser así plantear algún cambio o alternativa para alcanzar el objetivo.

La tabla con el consumo que se tomará como dato va a ser la real en los meses en los que se dispone de ella y la estimada en este apartado en los tres primeros meses del año, sumando el estimado para ACS y para la climatización de la piscina.

Mes	Consumo ACS total (litros/día)
Enero	4677
Febrero	4677
Marzo	4677
Abril	7003
Mayo	7668
Junio	12200
Julio	14868
Agosto	12410
Septiembre	10473
Octubre	7862
Noviembre	1880
Diciembre	2465

Tabla 32: Consumos totales con ocupación durante todo el año.

Consumo diario de ACS:

Vconsdia(real) :=	4.677	m ³
	4.677	
	4.677	
	7.003	
	7.668	
	12.200	
	14.868	
	12.410	
	10.473	
	7.862	
	1.880	
	2.465	

En este caso incluso no nos haría falta instalar el disipador con lo que utilizamos el consumo real.

$$mcons := \frac{Vconsdia \cdot \rho_{cons}}{h_s T}$$

	1	
1	0.134	
2	0.123	
3	0.11	
4	0.161	
5	0.176	
mcons =	0.281	$\frac{kg}{s}$
7	0.342	
8	0.285	
9	0.241	
10	0.198	
11	0.053	
12	0.073	

Temperatura de ACS:

$$T_{sum} := 60 \cdot K + 273.15 \cdot K \quad T_{red} := T_{redC} \cdot K + 273.15 \cdot K$$

$$Q_{cons} := \overrightarrow{[m_{cons} \cdot c_{pcons} \cdot (T_{sum} - T_{red})]}$$

Grado de estratificación del acumulador:

Et := 0.25 Definido como: $(T_{cons} - T_t) / (T_{ico} - T_t)$

Resultados:

mean(η_c) = 0.477

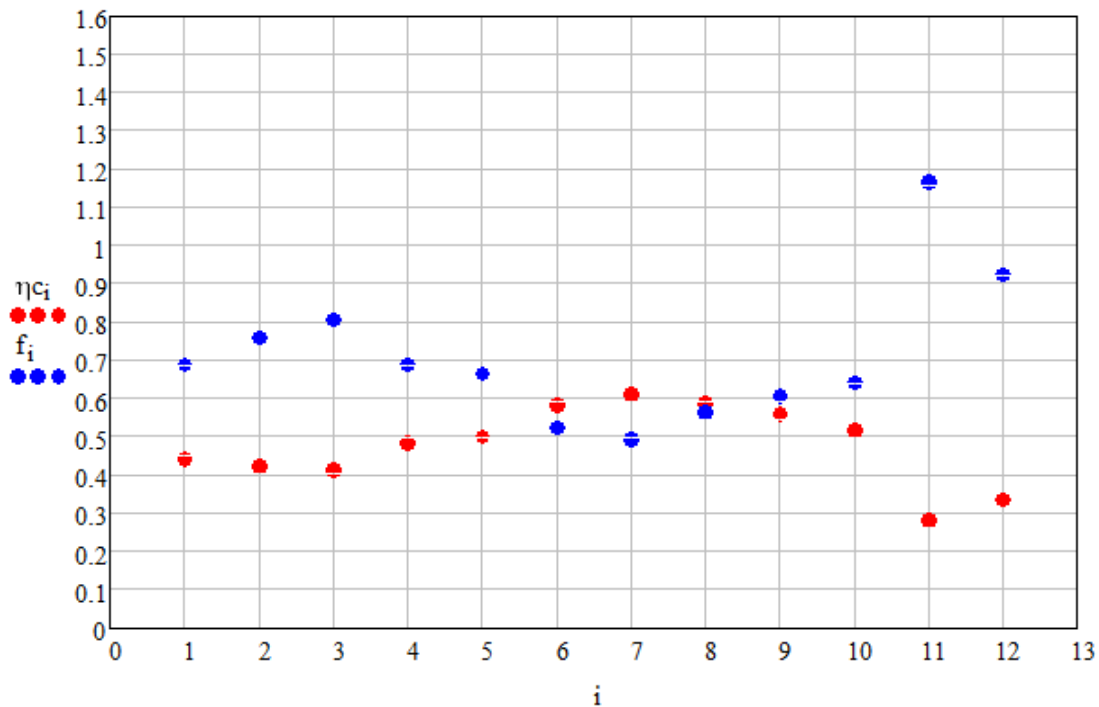
mean(Qcol) = 2.105×10^4 W

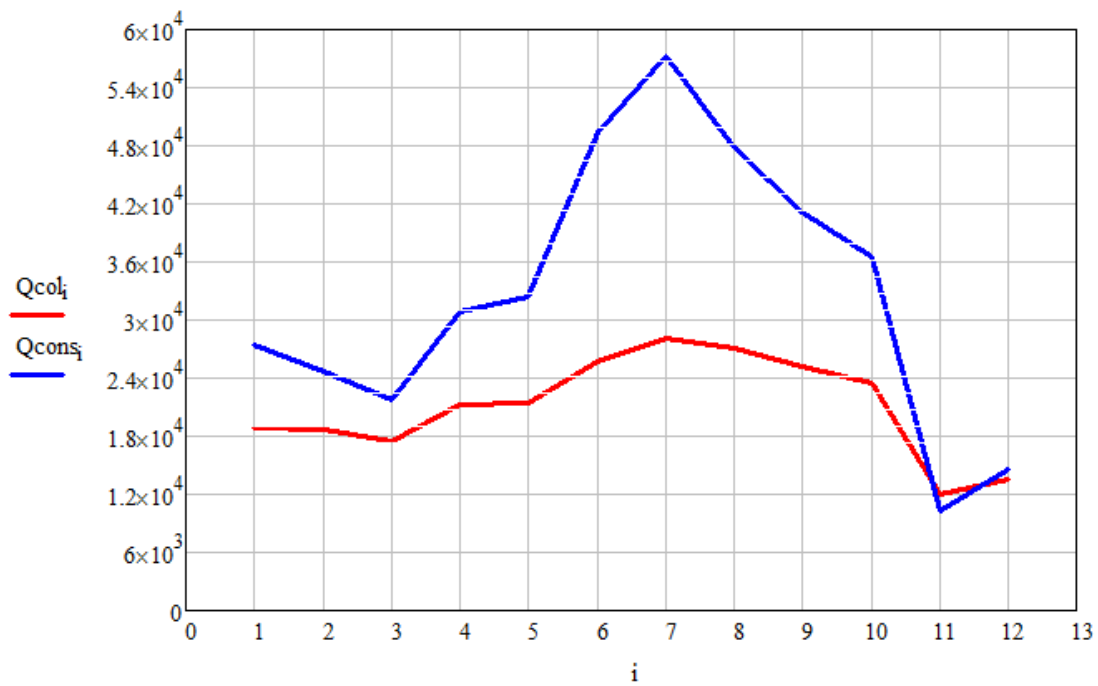
mean(f) = 0.71

La media de f no es el f anual, porque cada mes tiene una radiación distinta.

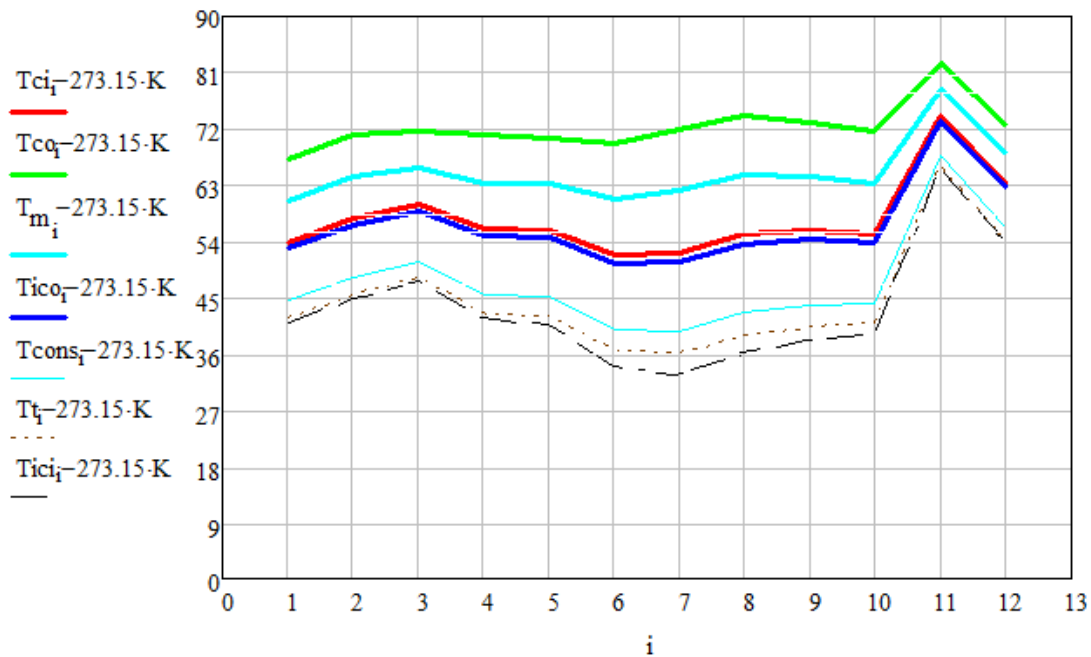
$$f_{anual} := \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{col,i}}{\sum_{i=1}^{12} Q_{cons,i}}$$

f_{anual} = 0.641





	1	
1	$2.752 \cdot 10^4$	
2	$2.46 \cdot 10^4$	
3	$2.16 \cdot 10^4$	
4	$3.094 \cdot 10^4$	
5	$3.243 \cdot 10^4$	
$Q_{cons} =$	$4.926 \cdot 10^4$	W
7	$5.717 \cdot 10^4$	
8	$4.769 \cdot 10^4$	
9	$4.122 \cdot 10^4$	
10	$3.641 \cdot 10^4$	
11	$1.033 \cdot 10^4$	
12	$1.465 \cdot 10^4$	



3.3.- Anticongelante

La elección del fluido caloportador utilizado en los colectores solares es de gran importancia a la hora evitar el buen funcionamiento de la instalación. Es necesario que el fluido pueda soportar las posibles heladas de la época invernal, minimizando en la medida de lo posible los riesgos que éstas puedan causar; y ser capaz de no disolverse ante las altas temperaturas que podía experimentar en verano.

El dimensionado del porcentaje de anticongelante se realiza en función de la condición más desfavorable que se estime que puede sufrir la instalación. Una buena estimación sería recoger los datos de las mínimas temperaturas alcanzadas en la localización estudiada y tomarla como dato. Se recurre a los datos de CENSOLAR para conocer la temperatura más desfavorable de la provincia.

LATITUD Y TEMPERATURA MÍNIMA HISTÓRICA, EN °C. (CENSOLAR).

PROVINCIA	LATITUD (°)	TEMPERATURA MÍNIMA
ÁLAVA	42,9	-18
ALBACETE	39,0	-23
ALICANTE	38,4	-5
ALMERÍA	36,9	-1
ASTURIAS	43,4	-11
ÁVILA	40,7	-21
BADAJOS	38,9	-6
BALEARES	39,6	-4
BARCELONA	41,4	-7
BURGOS	42,3	-18
CÁCERES	39,5	-6
CÁDIZ	36,5	-2
CANTABRIA	43,5	-4
CASTELLÓN	40,0	-8
CEUTA	35,9	-1
CIUDAD REAL	39,0	-10
CÓRDOBA	37,9	-6
LA CORUÑA	43,4	-9

Se debe elegir un tipo de anticongelante, el fabricante del colector recomienda Tyfocor L o LS. El utilizado es propilenglicol y su fracción en agua es aquella que logra la mezcla no se congele a una temperatura 5°C inferior a la mínima registrada.

$$T_{\text{anticongelante}} = T_{\text{mínima}} - 5^{\circ}\text{C} = -5^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = -10^{\circ}\text{C}$$

**Valores característicos
del concentrado**

Aspecto:	líquido transparente, incoloro	
Punto de ebullición	> 150 °C	ASTM D 1120
Punto de solidificación	< -50 °C	DIN ISO 3016
Densidad (20 °C)	1.054 - 1.058 g/cm³	DIN 51757
Viscosidad (20 °C)	68 - 72 mm²/s	DIN 51562
Índ. de refracción (nD20)	1.435 - 1.437	DIN 51423
Valor pH (20 °C) conc.	6.5 - 8.0	ASTM D 1287
Valor pH mezcla 1:2 con agua destilada	7.5 - 8.5	ASTM D 1287
Contenido de agua	max. 4 % w/w	DIN 51777
Punto de inflamación	> 100 °C	DIN 51758
Reserva de alcalinidad	> 10-13 ml 0.1 n HCl	ASTM D 1121

Ilustración 38: Datos del anticongelante utilizado. [20]

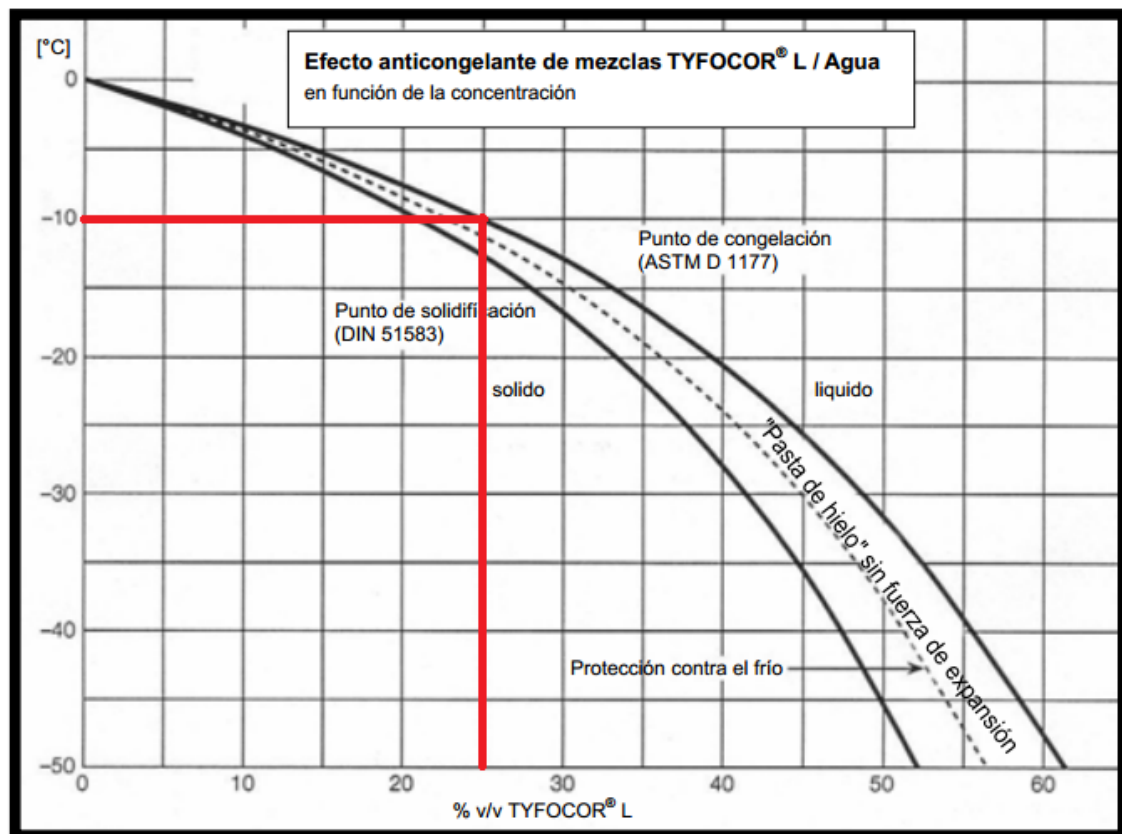


Ilustración 39: Porcentaje en volumen de anticongelante en la mezcla. [20]

Se observa como para la temperatura calculada para el anticongelante, la fracción en volumen necesaria es de un 23,5%.

3.4.- Acumuladores

Lo primero que se debe tener en cuenta a la hora de elegir los componentes del sistema de acumulación es la exigencia en cuanto a este apartado definida en el Código Técnico:

1. El sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (*captadores* solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.
2. Para la aplicación de ACS, el área total de los *captadores* tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

A: suma de las áreas de los *captadores* [m²];

V: volumen de la acumulación solar [litros].

3. No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar.

Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

Se calcula el volumen de agua que se debe almacenar utilizando la formula anteriormente citada dependiente del área de captación

$$A = 96.3 \text{ m}^2$$

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad \longrightarrow \quad 4815 \text{ L} < V < 17334 \text{ L}$$

Se elije instalar un volumen de acumulación lo más aproximado al límite inferior, con la intención de abaratar costes así como de reducir el espacio utilizado, pero cumpliendo la recomendación de poseer una reserva del volumen de agua que se pueda demandar en un día. Por estas razones se opta por la instalación de acumuladores capaces de alojar un volumen de 12000L, van a ser capaces de satisfacer la demanda diaria de todos los meses del año, excepto el mes de Agosto.

Se instalan 3 acumuladores de 4000 L cada uno, modelo IMVV 4000 RB.

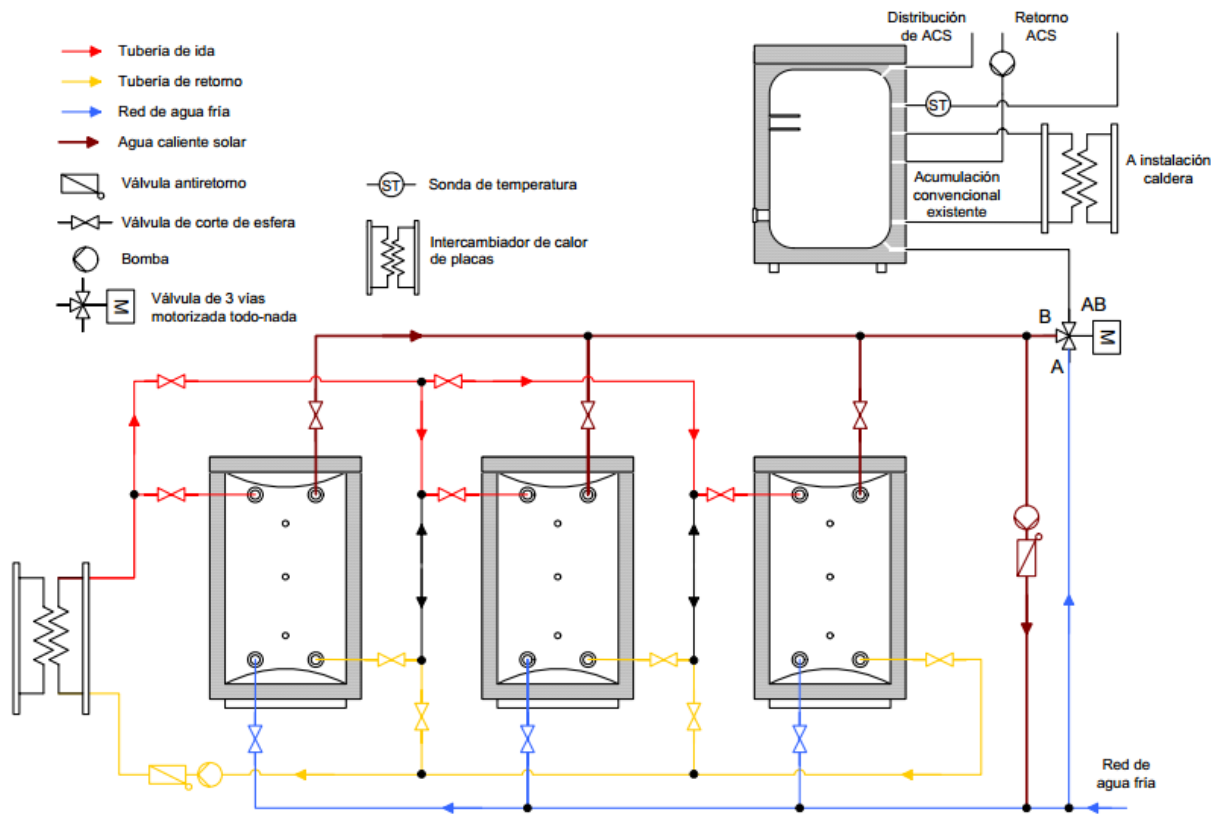


Ilustración 40: Conexión acumuladores. [17]

3.5.- Intercambiador de calor

En el apartado "3.3.4 Sistema de intercambio" de la Sección HE 4 del Documento Básico del CTE nos indican que para el caso de un intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P , cumplirá la condición:

$$P \geq 500 \cdot A$$

P : potencia mínima del intercambiador, en W

A : el área de captadores, en m^2

Se tiene un área de captadores de $96,3 \text{ m}^2$ con lo que la potencia del intercambiador deberá ser igual a superior a

$$P \geq 500 \cdot 96,3 \geq 48150 \text{ W} = 41409 \text{ Kcal/h}$$

Se recurre al mismo fabricante que para los acumuladores

Se escogen dos intercambiadores M3FG12 que cumplen con la potencia exigida.

3.6.- Disipador de energía

Como se ha expuesto en la parte del cálculo del área y la fracción solar en las hojas de Mathcad, es necesario disipar parte de energía en determinados meses del año con el fin de evitar los sobrecalentamientos, cumpliendo la exigencia del CTE, y de esta manera proteger y mantener en buenas condiciones la instalación.

Los principales problemas que puede tener la instalación debido a excesos de temperaturas son:

- Corrosiones e incrustaciones en el interior de los colectores por entradas de aire.
- Cavitación de la bomba y/o rotura.
- Degradación de las superficies selectivas de los colectores.
- Degradación del fluido calorportante.
- Presiones elevadas y pérdida del fluido calorportante.
- Envejecimiento de la instalación.
- Estrés térmico de la instalación debido a los grandes saltos de temperatura.

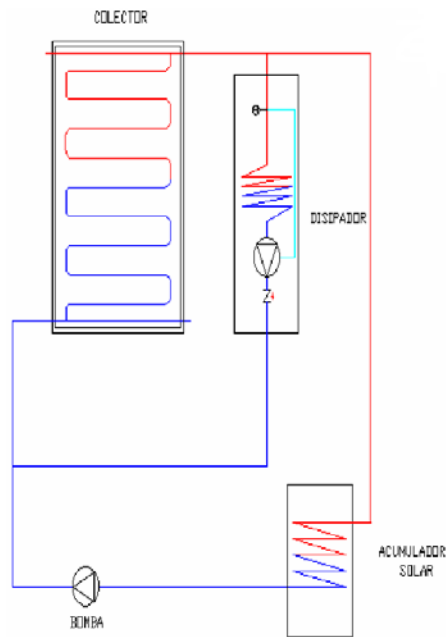


Ilustración 41: Esquema instalación disipador de energía.

Para este cálculo se sabe cual va a ser el caudal que se debe derivar al disipador, se puede ver con la tabla siguiente:

Mes	Consumo diario real	Consumo total de la instalación	Consumo disipado
Enero	0	5000	5000
Febrero	0	5000	5000
Marzo	0	5000	5000
Abril	7003	7003	0
Mayo	7668	7668	0
Junio	12200	12200	0
Julio	14868	14868	0
Agosto	12410	12410	0
Septiembre	10473	10473	0
Octubre	7862	7862	0
Noviembre	1880	3000	1120
Diciembre	2465	3000	535

Tabla 33: Consumo en litros, diferenciando el disipado.

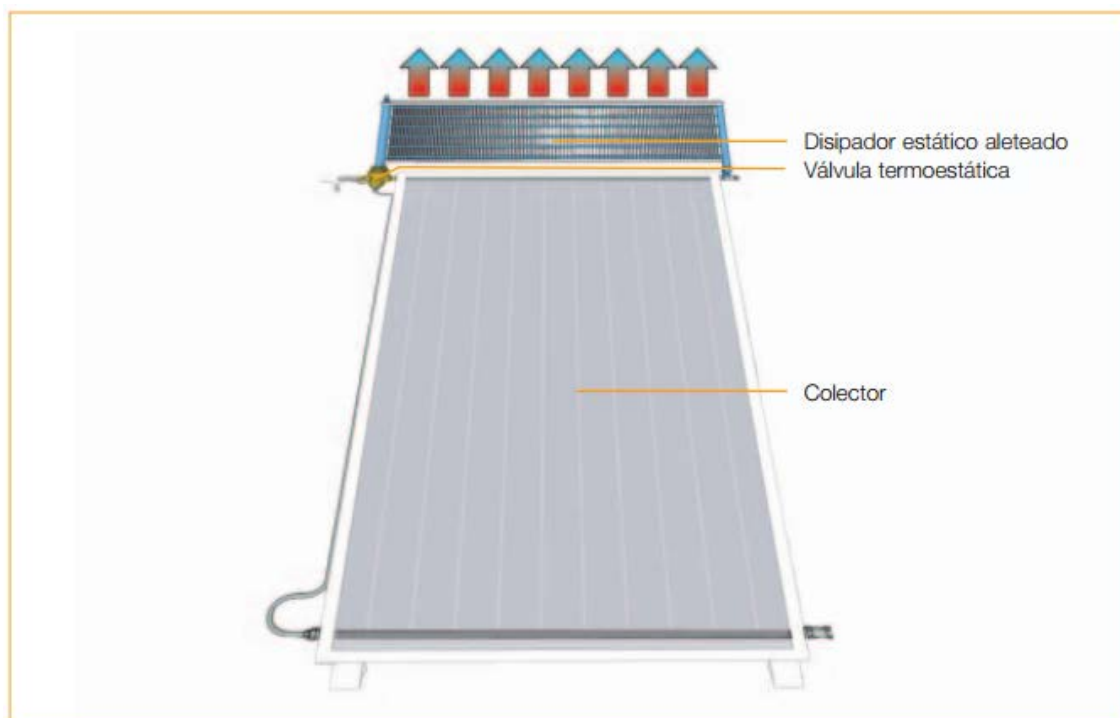


Ilustración 42: Disipador de energía.

Tabla de selección

Número de colectores	ADVANCE 1,8 Zona climática		ADVANCE 2,5 Zona climática		CLASSIC 1,8 Zona climática		CLASSIC 2,5 Zona climática		ELITE Zona climática	
	I-II-III	IV-V	I-II-III	IV-V	I-II-III	IV-V	I-II-III	IV-V	I-II-III	IV-V
1	1xPS1	1xPS1	1xPS2	1xPS2	1xPS1	1xPS1	1xPS2	1xPS2	1xPS1	1xPS1
2	1xPS1	1xPS1	1xPS2	1xPS2	1xPS1	1xPS1	1xPS2	1xPS2	1xPS1	1xPS1
3	1xPS1	1xPS1	1xPS2	2xPS2	1xPS1	1xPS1	1xPS2	1xPS2	1xPS1	1xPS1
4	2xPS1	2xPS1	2xPS2	2xPS2	1xPS1	2xPS1	2xPS2	2xPS2	1xPS1	2xPS1/1xPS2
5	2xPS1	2xPS1	2xPS2	2xPS2	2xPS1	2xPS1	2xPS2	2xPS2	1xPS2	2xPS1
6	2xPS1	3xPS1	2xPS2	3xPS2	2xPS1	2xPS1	2xPS2	2xPS2	2xPS1	2xPS1
7	3xPS1	3xPS1	3xPS2	3xPS2	2xPS1	2xPS1	2xPS2	3xPS2	2xPS1	2xPS1
8	3xPS1	3xPS1	3xPS2	3xPS2	2xPS1	3xPS1	3xPS2	3xPS2	2xPS1	2xPS2
9	3xPS1	3xPS1	3xPS2	4xPS2	3xPS1	3xPS1	3xPS2	3xPS2	1xPS1+1xPS2	2xPS2

Tabla 34: Selección de disipador de energía.

El hotel se encuentra en zona climática IV con diez grupos de cuatro colectores, un grupo de tres colectores y un grupo de dos. Con estos datos se eligen veinte difusores Advance 2.5 y dos difusores Advance 1.8.

3.7.- Tuberías

En el diseño y la elección del sistema de tuberías se recurre al RITE. Con el fin de abaratar la inversión se recurre a un circuito de tuberías lo más corto posible y con tuberías del mismo diámetro aunque los caudales no sean los mismos en toda la instalación.

El caudal no es constante ya que se va reduciendo a medida que avanza por el circuito y se va dividiendo en los diferentes grupos de captadores. Este diámetro único evitará la instalación de componentes para evitar expansiones y pérdidas de carga que aumentarían el coste.

Se va a elegir unas tuberías de cobre, material de buen comportamiento a lo largo del tiempo, no entraña riesgos para la salud ya que este circuito está separado del de consumo y su unión por soldadura es cómoda y económica.

El fabricante recomienda 55 L/h y se disponen 6 grupos de colectores en serie en dos columnas con lo que el caudal circundante sería de:

$$Q = 55 \cdot 12 = 660 \frac{L}{h}$$

Se fija un caudal de 700 L/h a la hora de dimensionar el sistema de tuberías por posibles dilataciones y pérdidas de carga.

Se fija una velocidad no superior a 2,5 m/s y con estos datos se calcula un diámetro aproximado de tubería.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} = 12,84 \text{ mm}$$

$$Q = 700 \frac{l}{h} = 1,94 \cdot 10^{-4} m^3/s$$

$$v = 1,5 \text{ m/s}$$

Se instala un diámetro de tubería de 15mm, que es el diámetro superior de tipo comercial.

$$v = \frac{4 \cdot Q}{d^2 \cdot \pi} = 1,10 \text{ m/s}$$

3.7.1.-Aislamiento

El aislamiento de las tuberías se realizará según lo establecido en el RITE. En el caso de una instalación solar se considerará una temperatura de trabajo comprendida entre 60°C y 100°C dependiendo de las condiciones de insolación. Los aislamientos de las tuberías que circulen por el exterior deberán llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante la radiación solar, acciones climatológicas, pájaros y roedores.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 35: Espesores del aislamiento de las tuberías a distintas temperaturas (Tabla 39 RITE).

Se escoge el aislamiento flexible espuma elastomérica que es resistente a altas temperaturas que optimiza la eficiencia de las instalaciones de energía solar térmica para agua caliente sanitaria.

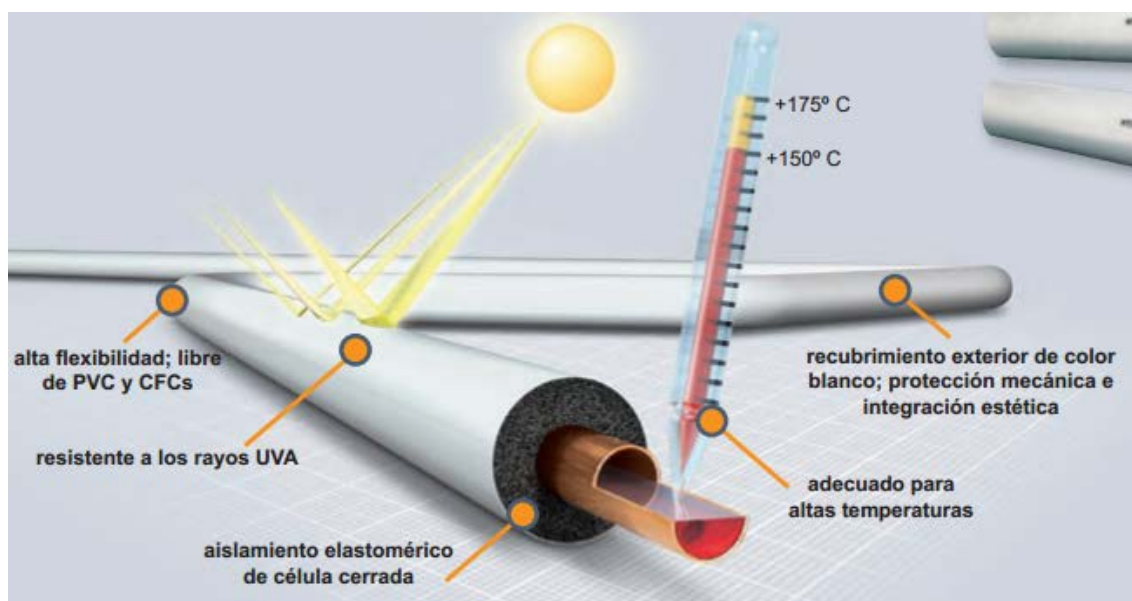


Ilustración 43: Aislante tuberías.

- Temperatura de la línea = + 150°C
- Temperatura ambiente = + 20°C
- Conductividad térmica del aislamiento a 10° C: 0,037 W/(m·K)
- Coeficiente superficial de transmisión de calor 10W/ (m²·K)

Ilustración 44: Características aislante térmico.

Se debe conocer la longitud de las tuberías de la instalación. Teniendo en cuenta la distancia entre captadores y la separación entre componentes del circuito primario. La longitud total de todos los tramos de la instalación es de 291 metros.

3.7.2.-Pérdidas de carga

Para el cálculo de las pérdidas de carga lineales por unidad de longitud se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$\Delta p_f = \frac{f \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D}$$

El factor de fricción se obtiene del diagrama de Moody conociendo el número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = 17640$$

$\varepsilon = 2 \cdot 10^{-6}m$, rugosidad media en circuito cerrado de cobre según RITE

$$\frac{\varepsilon}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,012} = 1,67 \cdot 10^{-4}$$

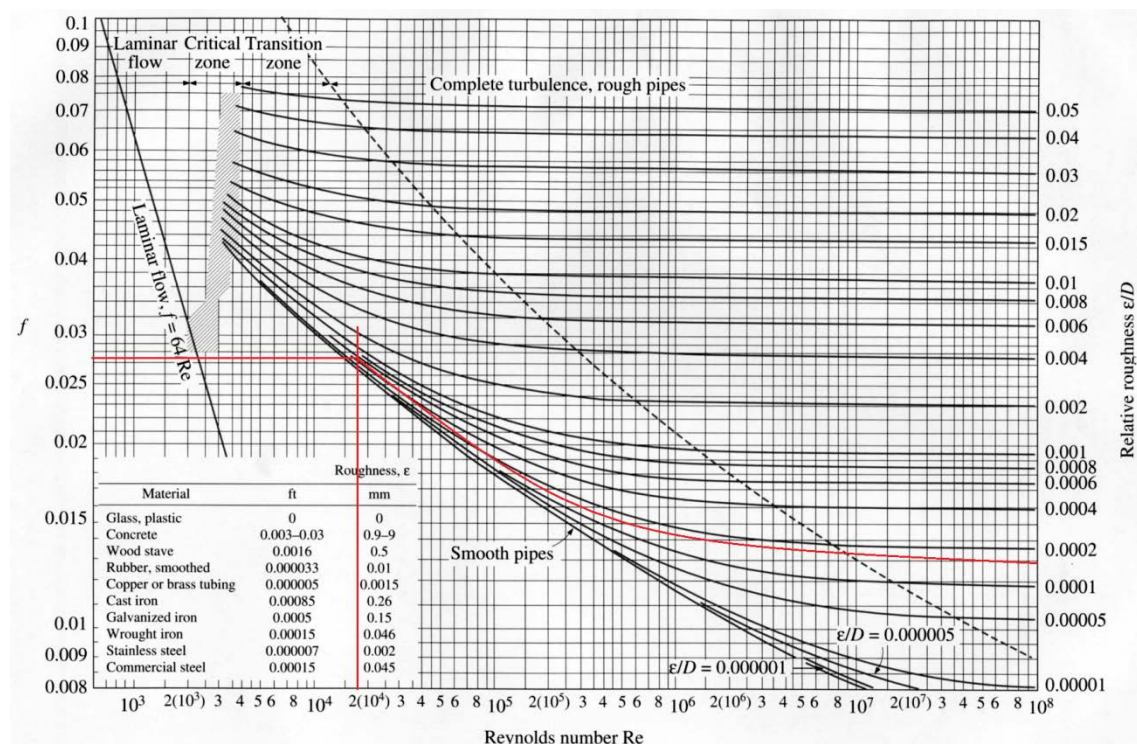


Ilustración 45: Diagrama de Moody en tubos circulares.

Se obtiene un factor de fricción:

$$f = 0,027$$

Con este valor finalmente la pérdida de carga según la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$\Delta p_f \cdot \text{Longitud tuberías} = 4,45 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

3.8.- Vaso de expansión

En las instalaciones solares, como es el caso que nos ocupa, se utilizan vasos de expansión cerrados (el fluido contenido en el mismo no está en comunicación directa con la atmósfera), ya que son de fácil montaje, no requieren de aislamiento, no absorbe oxígeno del aire y no elimina las pérdidas por evaporación del fluido.

Los vasos de expansión con membrana resistentes a altas temperaturas están recomendados para sistemas solares. Su función es absorber las dilataciones del fluido caloportador en caso de aumentar de temperatura en el circuito primario. Sin un vaso de expansión sería imposible evitar el escape del fluido de trabajo en un circuito cerrado a través de la válvula de seguridad cuando el fluido primario se calienta. Al calentarse, una parte del fluido entra en el vaso de expansión. Cuando el sistema se enfría, regresa al circuito. El vaso de expansión sirve así también para mantener la presión en el circuito dentro del rango de presiones admisibles, impidiéndose la introducción de aire en el circuito cuando el sistema vuelve a enfriarse.

Para el diseño del vaso de expansión, se debe tener en cuenta que la temperatura mínima corresponde a la temperatura mínima ambiental para la ciudad de Alicante, que son 13°C, y la temperatura máxima corresponde con la temperatura de estancamiento del colector seleccionado, que en nuestro caso será de 76,66°C.

Con estos datos, el volumen de fluido de la instalación corresponde al que circula tanto por las tuberías como por el colector, y se calcula de la siguiente manera:

$$V = V_{\text{tuberías}} + V_{\text{colectores}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{int}}^2}{4} \cdot L + V_{\text{colectores}} = 0,1145 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{colectores}} = 1,55 \frac{L}{\text{colector}} \cdot 45 \text{ colectores} = 69,75 \text{ L} = 0,06975 \text{ m}^3$$

Se debe calcular el coeficiente de dilatación de la mezcla anticongelante en las tablas del fabricante:

La fracción en volumen de anticongelante es de un 23,5%, con un incremento de temperatura de 10 a 90, $\Delta T = 80^\circ\text{C}$.

$$T_{media} = 10 + 40 = 50^\circ\text{C}$$

$$\beta_{medio}(\text{de la curva}) = 55 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$$

$$\Delta V = \beta_{medio} \cdot \Delta T \cdot V_o = 5,038 \cdot 10^{-3} \text{m}^3 = 5,038 \text{ L}$$

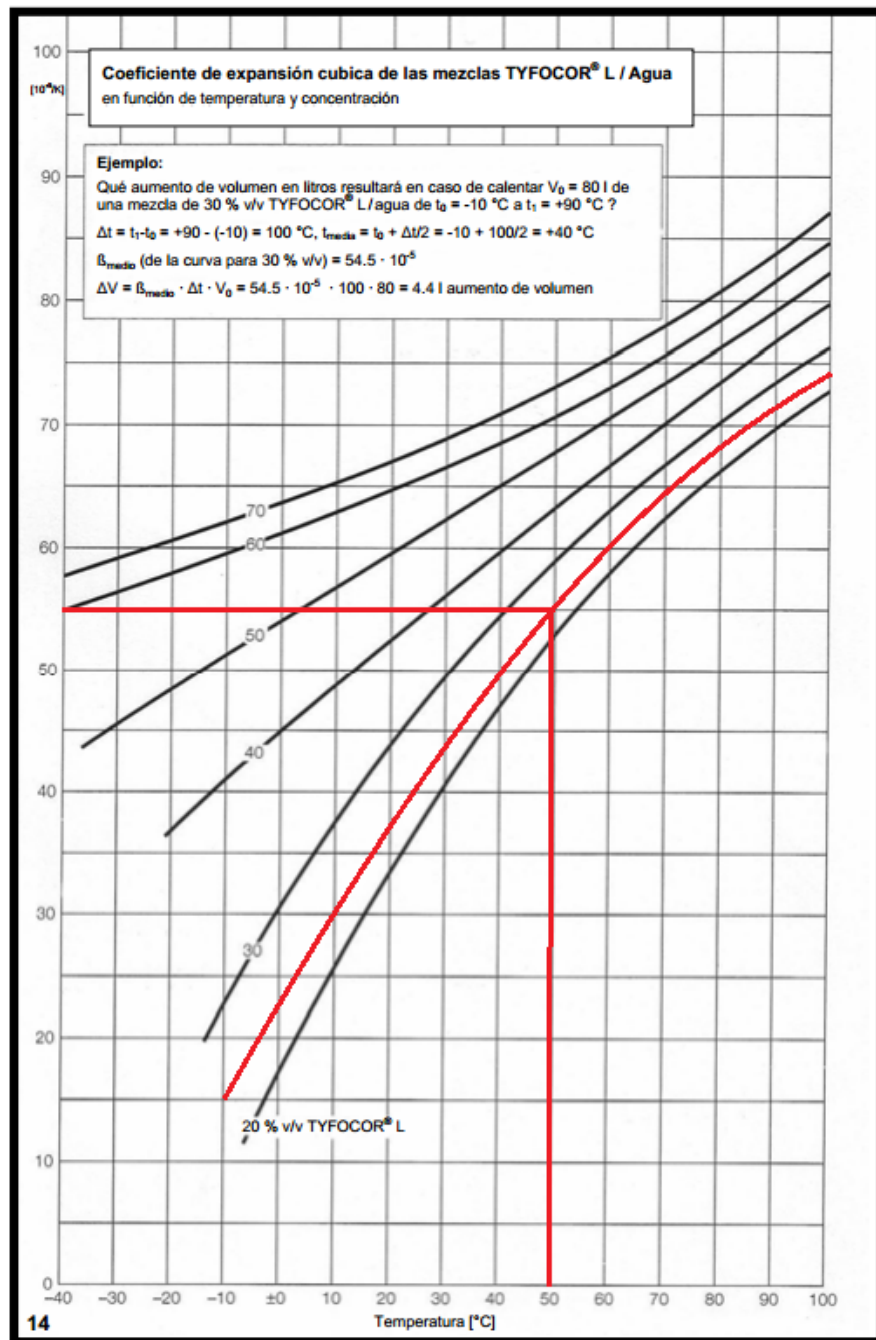


Ilustración 46: Coeficiente expansión cúbica del anticongelante. [20]

Se elige el vaso de expansión de 12 litros de la empresa Direnova.

3.9.- Bomba de circulación

De acuerdo con el Código Técnico la potencia eléctrica de las bombas no debería exceder los valores:

- Sistema pequeño (< 20 m²): 50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores (el mayor de los dos)
- Sistemas grandes (≥ 20 m²): 1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

La bomba del circuito primario debe elegirse a partir de las condiciones nominales de trabajo, definidas por el caudal de circulación y la pérdida de carga total del circuito. El caudal de circulación se ha calculado en el apartado anterior, y la pérdida de carga del circuito se determina fundamentalmente por:

- Las pérdidas de carga correspondientes al tramo más desfavorable de tuberías.
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor, ya sea externo o incorporado al acumulador.
- La pérdida de carga de los colectores solares.

Las pérdidas de carga en los intercambiadores de calor y en los colectores es información que deben suministrar los fabricantes de estos componentes.

Una vez conocidos estos dos valores, Q y H, se podrá seleccionar una bomba cuya característica debe estar por encima del punto de funcionamiento de diseño.

La pérdida de carga del intercambiador aportada por el fabricante es 5 m.c.a.

$$5 \text{ m.c.a} = 49033,25 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga de los captadores aportada por el fabricante es de 520 mbar.

$$\Delta P_{\text{captadores}} = 520 \text{ mbar} = 52000 \text{ Pa}$$

Sumando la pérdida de carga de las tuberías, del intercambiador y de los captadores se tiene la pérdida de carga total para el cálculo de la bomba:

$$\Delta P = 145533,25 \text{ Pa}$$

$$Q = 700 \frac{L}{h} = 0,7 \text{ m}^3/h$$

$$\text{Altura de la bomba: } H_{\text{bomba}} = \frac{P}{\rho \cdot g} = 14,85 \text{ m}$$

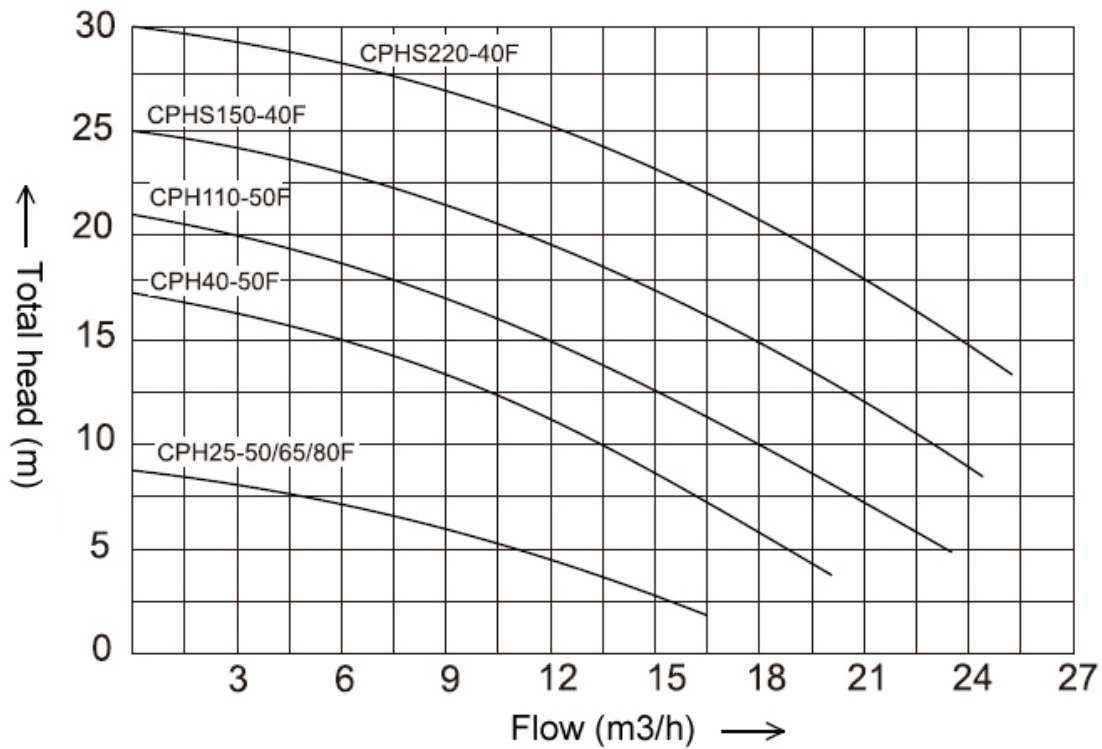


Ilustración 47: Curva de funcionamiento de la bomba.

Se elige la bomba CPH40-50F. Se necesitan dos bombas en paralelo al ser una instalación de mas 50 m². Se instalaran un total de 4 bombas, dos para el circuito de ACS y dos para el circuito de la piscina.

Parámetros técnicos

Modelo	Potencia		Entrada (pulgadas)	Salida (pulgadas)	Flujo máx. (m ³ /h)	Cabeza máx. (m)	Dimensiones (mm)	Peso bruto (kg)
	kW	HP						
CPHB04-25F	0.04	0.05	1	1	3	4	165×125×138	3
CPHB04-32F	0.04	0.05	1.25	1.25	3	4	165×125×138	3.2
CPHB10-40F	0.1	0.13	1.5	1.5	6	5	276×152×200	7.5
CPHB10-50F	0.1	0.13	2	2	8	5	276×152×200	7.5
CPHB12-40F	0.12	0.16	1.5	1.5	7	8	276×152×200	7.5
CPHB12-50F	0.12	0.16	2	2	10	8	276×152×200	7.5
CPH25-50F	0.25	0.33	2	2	16	8	310×195×350	19
CPH25-65F	0.25	0.33	2.5	2.5	16	8	310×195×350	19
CPH25-80F	0.25	0.33	3	3	16	8	310×195×350	19
CPH40-50F	0.4	0.54	2	2	19	17	315×235×430	26.5
CPH110-50F	1.1	1.5	2	2	21	20	315×235×430	28
CPHS150-40F	1.5	2	1.5	1.5	25	25	500×350×280	37.5
CPHS220-40F	2.2	3	1.5	1.5	25	30	500×350×280	40

Condiciones de funcionamiento

1. Líquido aplicable: Agua limpia
2. Rango de temperatura del líquido: 0°C~100°C
3. Rango de temperatura ambiente: 0°C~40°C
4. Presión de trabajo máx.: ≤1.6Mpa

Motor y bomba

1. Motor con dos polos, monofásico/trifásico, 50/60 Hz
2. Grado de protección: IP44
3. Clase de aislamiento: F

Ilustración 48: Parámetros técnicos y de funcionamiento bomba de circulación.

Bomba de circulación de alta calidad para agua caliente



Ilustración 49: Bomba de la instalación.

3.10.- Purgadores de aire

Con el fin de evitar todo el aire que pueda aparecer en el circuito y los problemas que su existencia pueden acarrear en el buen funcionamiento de la instalación se diseña un sistema de tal manera que este siempre este a una presión mayor que la del aire y se colocan purgadores para eliminar las pequeñas burbujas que aun así aparecen.

Se colocaran purgadores automáticos en la parte superior de cada grupo de captadores y desaireadores en la salida de los mismos y a la entrada de cada bomba como método de protección ya que la entrada de aire a alguna de ellas podría llevar a un gran desembolso económico en su reparación.

SOLARFAR

SOLAR-FAR - Purgador de aire automático con descarga en posición horizontal para instalaciones solares.

- Cuerpo en latón estampado CW617N
- Presión nominal: 10 bar
- Presión diferencial máxima de funcionamiento: 4 bar
- Temperatura máxima de ejercicio: 160°C

FAR
flow evolution **UNI EN ISO 9001:2008**



ART. 2042

Código	medida	conf	caja
2042 38	3/8"	10	100
2042 12	1/2"	10	100

Ilustración 50: Características purgadores.

3.11.- Sistema de seguridad

Se deben cumplir las normativas existentes en materia de seguridad recogidas en las normas europeas EN 12975, EN12976, ENV12977, ISO 9806.

El mayor problema que pueden tener este tipo de instalaciones son los sobrecalentamientos en la fase de estancamiento lo que lleva a que se produzcan sobrepresiones que ponen en peligro la durabilidad de los componentes de la instalación.

Con el fin de evitar los sobrecalentamientos se ha instalado el sistema de disipación que es el encargado de derivar parte de la energía que no se esta aprovechando, esto sucede en los meses que permanece cerrado y en los dos últimos meses del año de bajo consumo. Aun así es posible que se den sobrepresiones con lo que se ha sobredimensionado el vaso de expansión para poder absorber el aumento de volumen causado al producirse vapor y se colocarán válvulas de seguridad que al detectar un aumento de presión son las encargadas de expulsar ese vapor sobrante.

Se instalaran dos válvulas de seguridad en la cubierta, en cada una de las dos hileras de captadores y otra válvula de seguridad principal en la zona del equipo auxiliar.

4.-IMPACTO AMBIENTAL

El fin fundamental en la utilización de instalaciones solares térmicas es ser una energía limpia que respeta el medio ambiente y toda la energía que es capaz de suministrar es energía que no se obtiene mediante otras energías como combustibles fósiles que emiten a la atmosfera gases de efecto invernadero y contaminantes como CO₂, NO_x y SO₂.

En este caso se va a lograr evitar en la medida de lo posible la utilización de la caldera y con ello la emisión del CO₂ debido a la combustión del gas natural.

Recurriendo al RITE en su apartado de Exigencias de eficiencia energética, el valor de las emisiones de CO₂ del gas natural es de 204 g/kW·h.

Se va a exponer en la siguiente tabla la energía que se produce con los captadores solares, para poder calcular las emisiones que la obtención de esa misma energía habría la caldera de gas natural. Esta caldera ya preinstalada en el edificio tiene un rendimiento del 90%.

Mes	H/día	Días/mes	H/mes	Qcolector (KW)	E (KWh)
Enero	8	31	248	19,36	4801,28
Febrero	9	28	252	19,20	4838,4
Marzo	9	31	279	17,92	4999,68
Abril	9,5	30	285	21,25	6056,25
Mayo	9,5	31	294,5	21,52	6337,64
Junio	9,5	30	285	25,73	7333,05
Julio	9,5	31	294,5	28,15	8290,17
Agosto	9,5	31	294,5	27,06	7969,17
Septiembre	9	30	270	24,99	6747,30
Octubre	9	31	279	23,29	6497,91
Noviembre	8	30	240	15,69	3765,6
Diciembre	7,5	31	232,5	14,97	3480,52
TOTAL		365	3254	259,13	71116,97

Tabla 36: Energía obtenida por los captadores solares.

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De +25° a +45° (Hemisf. Norte)	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5
De -25° a +25° (Zona Ecuatorial)	8,75	9,25	9,5	9,25	9,75	8,5	8,75	9,25	9,5	9,25	8,75	8,5
De -25° a -45° (Hemisf. Sur)	9,5	9,5	9	9	8	7,5	8	9	9	9,5	9,5	9,5

Tabla 37: Horas de sol útiles en función de la latitud del lugar.

$$\frac{\text{Emisiones } CO_2}{\text{año}} = \frac{\text{Energía total}}{\eta_{\text{caldera}}} \cdot \text{Emisiones de gas natural}$$

$$\frac{\text{Emisiones } CO_2}{\text{año}} = \frac{71116,97 \text{ kWh}}{0,9} \cdot 204 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} = 16119846,53 \text{ g } \frac{CO_2}{\text{año}}$$

Se diseña la instalación de tal manera que pueda mantener un aprovechamiento adecuado durante una cantidad considerable de años. Para estimar el cálculo total de ahorro de emisiones ahorradas se fija una vida útil de la instalación de 25 años.

$$\text{Emisiones de } CO_2 \text{ totales} = 25 \cdot 16119,8 \text{ kg } \frac{CO_2}{\text{año}} = 402996,16 \text{ kg } CO_2$$

5.-PRESUPUESTO

5.1-Equipamiento solar

	Fabricante	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Captador solar plano "DIETRISOL PRO"	De Dietrich	45	1153,15	26.801,10 51.891,75
Soportes para cubierta plana	De Dietrich	45	Incluido	Incluido

Tabla 38: Equipamiento solar.

5.2.- Equipamiento hidráulico

	Fabricante	Unidades o longitud(m)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Tubo cobre 15mm	Ynstalia	219	3,07	672,33
Te de cobre 15mm	Ynstalia	10	1,80	18,00
Codo 90º HH cobre	Ynstalia	22	1,55	31,00
Curva 45º HH cobre	Ynstalia	16	1,43	22,88
Aislante tuberías Armafl ex DuoSolar 15mm	Armacell	219	12,51	2.739,69
Líquido anticongelante Tyfocor L	Climabit	2 (40 litros)	71,27	142,54
Vaso de expansión	Direnova	2	48,65	97,30
Bomba de circulación CPH40-50F	Shimge	4	1550,85	6.203,40
Acumulador IMVV 4000 RB	Salvador Escoda	3	5.387,00	16.161,00
Intercambiador de placas	Salvador Escoda	2	837	1.674,00
Purgador automático	Solarfar	10	15,58	155,80
Válvula de seguridad	Solarfar	3	35,67	107,10
Disipador de calor Advance 2.5	Daitsu	20	436	8.720,00
Disipador de calor Advance 18	Daitsu	2	350	700,00

Tabla 39: Equipamiento hidráulico.

Presupuesto total: 8933679€

6.- ESTUDIO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

A la hora de evaluar la rentabilidad de la instalación se deben analizar varias variables económicas:

- ✓ VAN: valor actual neto.
- ✓ TIR: tasa de rentabilidad interna.
- ✓ Tiempo de retorno del capital.

Mediante la siguiente expresión se relacionan los ingresos y los gastos de la inversión en función del tiempo.

$$VAN = A \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{1+c}{1+i} \right]^t - C_{mant} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{1+f}{1+i} \right]^t - I_{inicial}$$

Donde:

A: ahorro de combustible

C_{mant}: coste de mantenimiento

I_{inicial}: inversión inicial

c: incremento del precio de combustible

i: tasa de interés

f: valor de la inflación

- Inversión inicial: se supone el caso más desfavorable que no se cuente con subvención en la inversión inicial:

$$I_{inicial} = 79.916,79€$$

- Coste de mantenimiento: se estima en un 0,5% del coste de la instalación de manera anual:

$$C_{mant} = 0,005 \cdot 79.916,79 = 399,58€$$

- Incremento del precio del combustible: Incremento del precio del combustible El precio del combustible varía en función de los costes de gas natural en los mercados internacionales, de la demanda y del coste de transporte y distribución. Atendiendo a estos factores y a que el Ministerio de Industria propuso a la Comisión Nacional de la Energía en 2007 una subida en las tarifas del gas natural comprendida entre el 6% y el 18%, se estima un incremento anual en el precio del combustible del 10%.

$$c = 10\%$$

- La tasa de interés: El interés bancario es la ganancia que obtiene el banco por prestar capital. En sentido estricto, es el precio de utilización del dinero por unidad de tiempo. La tasa de interés (el tanto por ciento) se rige por la ley de la oferta y la demanda. No obstante, la tasa de interés puede estimarse a partir del Euribor, tipo de interés promedio al que las entidades financieras se prestan dinero en el mercado interbancario del euro, y cuyo valor es muy utilizado como referencia para los préstamos bancarios.

La tasa de interés se estima como el Euribor más un 0.5% aproximadamente.

El valor del Euribor en Agosto de 2014 se encontró en 0,469%, con lo que se fija una tasa e interés de 1%.

$$i = 1\%$$

- Inflación: La inflación es la situación económica en la que la demanda es superior a la oferta, lo que desencadena un alza generalizada de los precios y una depresión de la moneda. La inflación se mide por el índice de precios al consumo (IPC). Este valor en Agosto de 2014 se situó en el 0,33%.

$$f = 0,33\%$$

Para conocer el ahorro de la instalación es necesario saber cual es el precio del gas natural, expuesto en la siguiente tabla:

Tipo de consumo	Consumo kWh/año	Tarifa aconsejada	Término fijo €/mes	Término variable €/kWh
Consumo bajo (cocina y agua caliente)	<5.000	Gas Básica	4,38	0,05727308
Consumo medio (cocina, agua caliente, y calefacción)	<15.500	Gas Óptima	8,88	0,05039908
Consumo medio-alto (cocina, agua caliente y calefacción en casas de gran tamaño)	>=15.500	Gas Familia	11,15	0,04875812
Consumo alto (consumos entre 50.000 y 100.000 kWh/año)	50.000 - 100.000	Plan Energía Gas 3.3	54,22	0,052886
Consumo superior a 100.000 e inferior o igual a 1 GWh	<100.000 >=1GWh	Plan Energía Gas 3.4	80,97	0,049636

Tabla 40: Tarifas gas natural año 2014.

En este caso se tiene un consumo alto con un fijo de 54,22€/mes a lo que se le añade el consumo a un precio de 0,052886 €/kWh, añadiendo el 21%, resulta 0,063992 €/kWh.

El siguiente paso es conocer cuánto ahorra la instalación al no utilizar ese gas natural, con lo que conociendo la energía obtenida por los captadores y viendo cuanto habría costado esa energía de haber sido obtenida mediante la caldera, se obtendrá el ahorro alcanzado.

$$Energía_{captadores} = 71116,97 \text{ kWh}$$

Se le añade el rendimiento de la caldera del 90%, que sería pérdida de energía.

$$Energía_{ahorrada} = 79018,86 \text{ kWh}$$

$$A = 79018,86 \text{ kWh} \cdot 0,063992 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 5056,57 \text{ €/año}$$

Con estos datos se puede calcular el VAN de cada año, los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Periodo de tiempo	VAN
Año 1	-74.806,56
Año 2	-69.202,97
Año 3	-63.062,29
Año 4	-56.336,93
Año 5	-48.975,02
Año 6	-40.920,10
Año 7	-32.110,64
Año 8	-22.479,68
Año 9	-11.954,27
Año 10	-454,89
Año 11	12.105,02
Año 12	25.819,66
Año 13	42.904,84
Año 14	57.132,98
Año 15	74.965,24
Año 16	94.421,18
Año 17	115.645,19
Año 18	138.794,60
Año 19	164.040,78
Año 20	191.570,32
Año 21	221.576,49
Año 22	254.310,63
Año 23	289.983,82
Año 24	328.868,64
Año 25	371.251,06

Tabla 41: Valor Actual Neto.

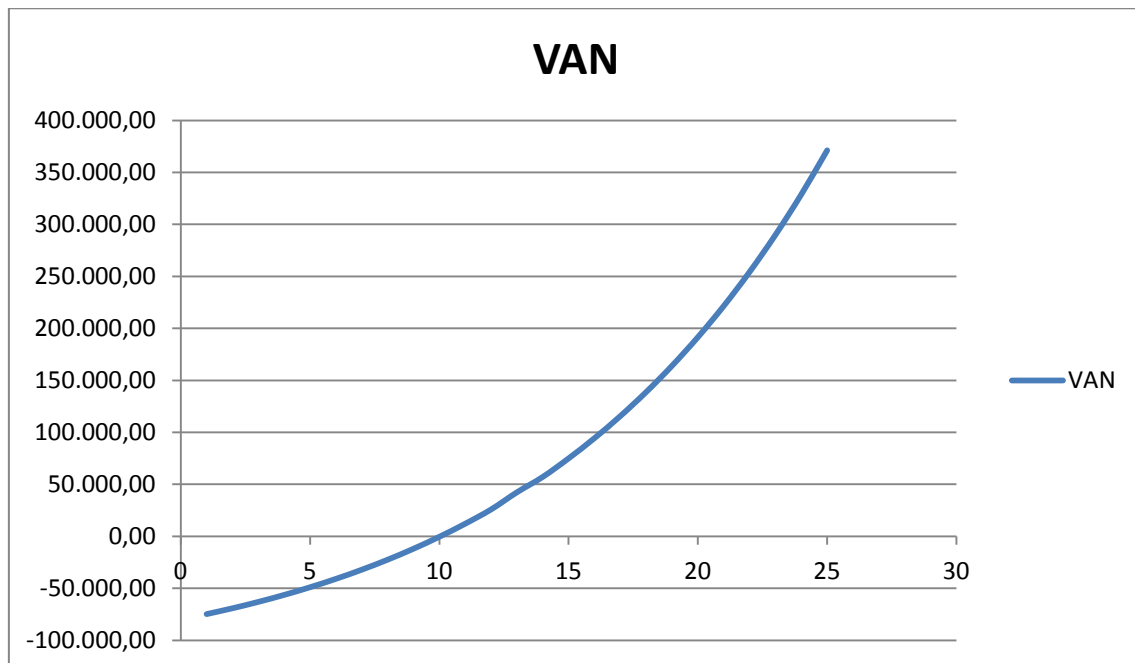


Ilustración 51: Valor Actual Neto.

Se puede observar como la inversión se amortiza pasados 11 años después de su puesta en marcha, llegando a provocar un beneficio total al final de su vida útil de 371.251,06€.

7.- CONCLUSIONES

Se debe resaltar que el objetivo final del proyecto se ha conseguido, ya que ha sido posible cumplir con la fracción solar demandada por la normativa vigente cumpliendo las limitaciones y exigencias existentes en materia de energía solar térmica; justificando y analizando su implantación.

A la vista de los resultados se puede resumir que la energía solar térmica al depender de un factor ajeno sobre el que no se puede actuar, es una energía que nunca nos va a poder asegurar satisfacer las necesidades energéticas con lo que toda instalación de este tipo siempre va a tener que ir acompañada de un equipo auxiliar capaz de compensar la variabilidad de energía capaz de generar.

Se parte de los datos de consumo totales, estimando el consumo de la piscina, que junto con los datos climatológicos dependientes del emplazamiento del hotel, llevan a elaborar tablas de datos que serán en las que se basan todos los cálculos posteriores.

Tras la elección de los captadores y los cálculos pertinentes en las hojas de Mathcad, realizando las iteraciones necesarias para optimizar al máximo la instalación, se llega a una contribución solar mínima de 0,635; esto es porcentaje de la demanda energética que es cubierta por la instalación solar. Es un dato que supera el 0,6 impuesto por el Código Técnico y que no está sobredimensionado con el fin de no encarecer la inversión.

La elección y dimensionado de los componentes se ha basado en las exigencias de la normativa vigente y de las recomendaciones de los fabricantes, pretendiendo maximizar el aprovechamiento de cada uno de los elementos de la instalación.

Tras este dimensionado de componentes y la evaluación de la pérdida de carga de los mismos se detalla el volumen de energía que la instalación es capaz de suministrar, llegando a un total anual de 71.116,97 kWh.

El capital necesario para poder implementar la instalación detallada asciende a 79.916,79€, que tras hacer un estudio de viabilidad económico basándose en el valor actual neto, lleva a una amortización de esa inversión que se da en el undécimo año tras su puesta en marcha. Es un tiempo razonable y la viabilidad de la instalación es reforzada al observar que una vez amortizada los ingresos ascienden exponencialmente durante su vida útil.

Este proyecto no solo supone un ahorro energético y un futuro ahorro económico, si no que al tratarse de una energía limpia evita la emisión de gases contaminantes, llega a sustituir alrededor de 403 toneladas de CO₂ que se hubiera vertido a la atmósfera en el caso de haber utilizado la caldera de gas natural para producir la misma energía que ha sido capaz de generar.

Cabe mencionar que el procedimiento de cálculo ha permitido estudiar la viabilidad del proyecto con unos datos distintos de los reales. Se ha supuesto una posible apertura del local los

tres primeros meses del año estimando una ocupación y la posible respuesta que tendría la instalación ante este cambio.

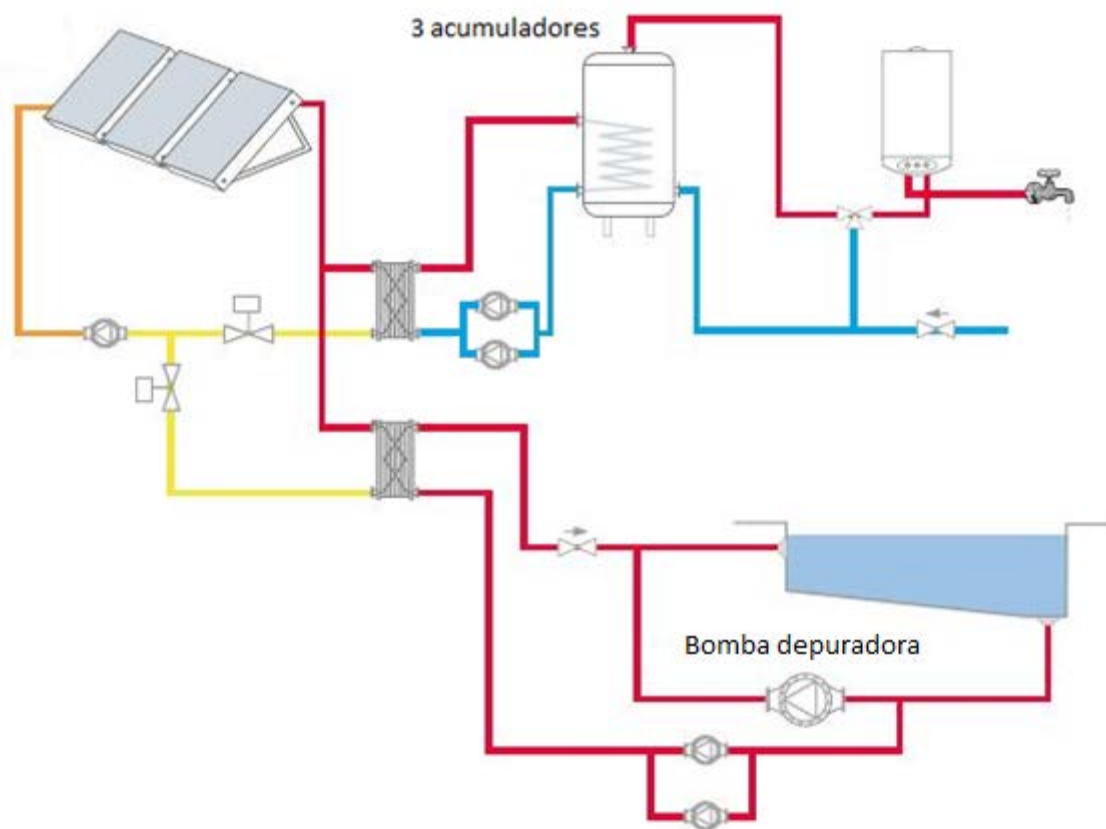
A la vista de los resultados obtenidos y de las conclusiones adoptadas en función de la documentación para la realización del presente proyecto, se puede afirmar que la energía solar térmica es mas eficiente en cuanto a periodo de amortización cuanto mayor sea el consumo energético que se le demande, ya que al aumentar el consumo se aumenta el ahorro mensual en la factura de gas natural. De esta forma aunque la inversión inicial es mayor en emplazamientos más grandes y con mayores puntos de consumo, como piscinas climatizadas, estos lugares tendrán un periodo de amortización menos que cualquier instalación doméstica.

Para finalizar ahondar en los beneficios tanto económicos como medioambientales de estas instalaciones y la creciente concienciación de la población en su uso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Código Técnico de la Edificación (CTE).DBHE Septiembre 2013.
- [2] CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
<http://www.ciemat.es/>
- [3] IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. www.idae.es
- [4] REN 21. Renewable Energy Policy Network for de 21st Century. www.ren21.net
- [4] Greenpeace. www.greenpeace.org/
- [5] CENSOLAR. www.censolar.es
- [6] BIOENERGY. www.bioenergysolar.com
- [7] AEMAT. www.aemet.es
- [8] "Guía práctica de Energía Solar Térmica" de AVEN (Agencia Valenciana de la Energía).
- [9] "Guía técnica instalaciones solares térmicas" de Gas Natural Fenosa.
- [10] " Guía ASIT de la energía solar térmica".
- [11] Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, del IDAE.
- [12] Manual del instalador de THISA.
- [13] Manual de energías renovables: Energía solar térmica, del IDAE.
- [14] Manual del instalador energía solar térmica de la Junta de Castilla y León.
- [15] Guía didáctica de Energía Solar del ITC (Instituto Tecnológico de Canarias).
- [16] Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios del IDAE.
- [17] Guía técnica agua caliente sanitaria central del IDAE.
- [18] Libro: Energía solar térmica en la edificación. Autores: José M. Fernández Salgado, Vicente Gallardo Rodríguez Fernández Salgado, José M.
- [19] Libro: Manual de energía solar térmica: diseño y cálculo de instalaciones. Autor: Javier Cañada Ribera
- [20] Datos anticongelante. <http://www.resol.de/Produktdokumente/TYFOCOR-L.dates.pdf>

ANEXO 1: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN



ANEXO 2: DATOS FABRICANTES

AISLANTE



HT/Armaflex®

EL EXPERTO FLEXIBLE PARA LA EFICIENCIA EN APLICACIONES DE ALTA TEMPERATURA



- Buen comportamiento en aplicaciones al exterior
- Barrera de vapor incorporada. Reduce el riesgo de corrosión debajo del aislamiento
- Mantiene sus propiedades a lo largo de su vida útil
- Bajos costes de mantenimiento y reparación
- Gran durabilidad
- Elevado grado de estabilidad en un amplio rango de temperaturas
- Pérdida de energía mínima gracias a su baja conductividad térmica

65

TRABAJO FIN DE GRADO:

"Instalación solar para ACS y piscina climatizada en un hotel de la costa mediterránea"

Datos Técnicos - HT/Armaflex

Breve descripción	Aislamiento elastomérico flexible de célula cerrada, especialmente indicado para instalaciones que trabajan con temperaturas elevadas.				
Tipo de material	Espuma elastomérica (FEF) basada en caucho sintético EPDM. Fabricada conforme a la norma EN 14304				
Color	Negro				
Aplicación	Aislamiento térmico de tuberías, depósitos y conductos en: aplicaciones industriales, conducciones de gas caliente, conducciones de vapor y de temperatura dual, automoción y paneles solares.				
Peculiaridades	Buen comportamiento en aplicaciones exteriores.				
Montaje	Consulte el manual de instalación Armaflex antes de la instalación.				
Observaciones	Certificado de Conformidad CE nº 0543 otorgado por el organismo de certificación Güteschutzgemeinschaft Hartschaum e.V. , Celle (Alemania)				
Propiedades	Valor/Valoración	Ensayo ^{*1}	Supervisión ^{*2}	Comentarios	
Rango de temperaturas					
Rango de temperaturas ¹	Temperatura máx. de trabajo ²	+ 150 °C	(+ 85 °C Para cintas)	EU 5316	o/• Ensayos según: EN 14706 EN 14707 EN 14304
	Temperatura mín. de trabajo	-50 °C			
Conductividad térmica					
Conductividad térmica	εm 40 °C	λ=		EU 5316	o/• Clasificado según: EN ISO 13787 Ensayado según: EN 12667 EN ISO 8497
	Coquillas λ ≤ 0,042	W/(m · K)	$[36,92 + 0,125 \cdot \varepsilon_m + 0,0008 \cdot (\varepsilon_m - 30)^2] / 1000$		
	Planchas λ ≤ 0,045	W/(m · K)	$[39,92 + 0,125 \cdot \varepsilon_m + 0,0008 \cdot (\varepsilon_m - 30)^2] / 1000$		
Resistencia a la difusión del vapor de agua					
Resistencia a la difusión del vapor de agua	Coquillas	μ	≥ 4.000	EU 5316	o/• Ensayos según las Normas EN 12086 EN 13469
	Planchas	μ	≥ 3.000		
Comportamiento al fuego					
Reacción al fuego	Euroclase (coquillas)	D _L -s3,d0		EU 5316	o/• Clasificado según: EN 13501-1 Ensayos según: EN 13823 y EN ISO 11925-2
	Euroclase (planchas)	D-s3,d0			
Dimensiones y tolerancias	Dimensiones y tolerancias conforme a la Norma UNE-EN 14304, tabla 1 Tabla disponible en nuestra página web: www.armacell.es			EU 5316	o/• Ensayos según: EN 822, EN 823, EN 13467
Resistencia a los rayos UV ³	Buena				
Tiempo de almacenaje	Material autoadhesivo: 1 año				Debe almacenarse en salas limpias y secas, con una humedad relativa (50% a 70%) y temperatura ambiente (0 °C a +35 °C)

1. Para temperaturas superiores a +125 °C o inferiores a -50 °C, consulte nuestro Departamento Técnico

2. A temperaturas de servicio altas, puede empezar un procedimiento de endurecimiento de la capa interior del material. Se ha comprobado que estos cambios no influyen en el comportamiento técnico de reacción frente al fuego si el material se ha instalado de forma correcta y todos las juntas y costuras están bien selladas. Consulte nuestro Depto. Técnico para aplicaciones específicas

3. En aplicaciones en el exterior, en circunstancias especiales, el material puede sufrir decoloramiento y algún pequeño agrietamiento en la superficie. Estos cambios no tienen influencia en las propiedades físicas del material, como pueden ser la conductividad térmica y el comportamiento en caso de incendio.

*1 Puede solicitar las documentaciones refiriéndose al código de las mismas

*2 •: Supervisión oficial realizada por institutos independientes y/o organismos oficiales
o: Ensayos realizados en nuestros departamentos de calidad.

Todos los datos e informaciones técnicas están basados en resultados obtenidos bajo condiciones normales de uso. Es responsabilidad de los receptores de estos datos e información, por su propio interés, consultar con Armacell a la hora de proyectar, a fin de que los datos e informaciones suministrados pueden ser aplicados sin alteraciones en las áreas de uso concebidas. Las instrucciones de instalación están disponibles en nuestro Manual de Instalación Armaflex. Antes de instalar tuberías de acero inoxidable, consulte nuestro Departamento Técnico. Debe utilizarse adhesivo Armaflex HT625 para asegurar una correcta instalación. Para temperaturas inferiores a -50 °C o superiores a +150 °C, consulte nuestro Departamento Técnico.

HT/Armaflex Coquillas



longitud 2,0 m

Diámetro exterior máx. de tubería [mm.]	10,0 mm Espesor del aislamiento			13,0 mm Espesor del aislamiento		
	Ref.	m./cartón	€/m.	Ref.	m./cartón	€/m.
10	HT-10X010	192	2,69	HT-13X010	140	3,83
12	HT-10X012	172	2,81	HT-13X012	130	4,16
15	HT-10X015	144	3,01	HT-13X015	112	4,35
18	HT-10X018	130	3,24	HT-13X018	98	4,63
22	HT-10X022	108	3,54	HT-13X022	84	5,10
28	HT-10X028	82	4,38	HT-13X028	64	6,72
35	HT-10X035	60	5,79	HT-13X035	50	8,03
42	HT-10X042	50	7,56	HT-13X042	40	9,01
48	-	-	-	HT-13X048	32	9,62
54	-	-	-	HT-13X054	32	11,22
60	-	-	-	HT-13X060	28	12,12
76	-	-	-	HT-13X076	24	17,04
89	-	-	-	HT-13X089	18	19,07

Diámetro exterior máx. de tubería [mm.]	19,0 mm Espesor del aislamiento			25,0 mm Espesor del aislamiento		
	Ref.	m./cartón	€/m.	Ref.	m./cartón	€/m.
12	HT-19X012	80	7,03	-	-	-
15	HT-19X015	64	7,38	HT-25X015	50	12,51
18	HT-19X018	58	8,11	HT-25X018	42	12,75
22	HT-19X022	50	8,85	HT-25X022	36	13,84
28	HT-19X028	40	10,84	HT-25X028	32	15,82
35	HT-19X035	32	11,98	HT-25X035	24	17,87
42	HT-19X042	24	13,37	HT-25X042	24	21,39
48	HT-19X048	22	15,66	HT-25X048	20	22,67
54	HT-19X054	18	16,93	HT-25X054	18	25,13
60	HT-19X060	16	18,62	HT-25X060	18	27,73
76	HT-19X076	18	25,10	HT-25X076	12	33,03
89	HT-19X089	16	27,70	HT-25X089	12	35,86

Tolerancia en longitud de las coquillas ± 1,5 %

Tolerancia de espesor
10 - 13 mm ± 1,5 mm
19 - 25 mm ± 2,5 mm

Observaciones
Las coquillas se servirán cerradas longitudinalmente en largo estándar de 2 m., suministrándose abiertas longitudinalmente contra pedido específico y con un incremento sobre el precio de venta al público de:
< 19mm espesor: 0,65 €/m
≥ 19mm espesor: 0,79 €/m
Servicio por cartones completos franco fábrica.
Nos reservamos el derecho de servir ocasionalmente hasta un 10% del contenido del cartón en 1 m. de largo.
Gama de producto importada. Consulte plazo de entrega.

TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE CONEXIÓN



TUBERIAS Y HERRAMIENTAS



TUBO COBRE



PVP ORIENTATIVO CON VARIACIONES EN FUNCION DEL MERCADO

tubo de cobre rígido



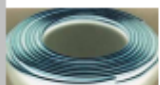
CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210012	TUBO COBRE RÍGIDO 12 x 1mm	2,80 €
210015	TUBO COBRE RÍGIDO 15 x 1mm	3,07 €
210018	TUBO COBRE RÍGIDO 18 x 1mm	3,64 €
210022	TUBO COBRE RÍGIDO 22 x 1mm	4,41 €
210028	TUBO COBRE RÍGIDO 28 x 1mm	5,33 €
210035	TUBO COBRE RÍGIDO 35 x 1mm	7,60 €
210042	TUBO COBRE RÍGIDO 42 x 1mm	9,99 €
210054	TUBO COBRE RÍGIDO 54 x 1,2 mm	11,36 €
210064	TUBO COBRE RÍGIDO 64 x 1,5mm	18,71 €
210076	TUBO COBRE RÍGIDO 76 x 1,5mm	30,00 €
210088	TUBO COBRE RÍGIDO 88,9 x 2mm	37,13 €
210108	TUBO COBRE RÍGIDO 108 x 2,5mm	58,67 €

tubo de cobre recocido en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210506	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 6 x 1mm	1,65 €
210508	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 8 x 1mm	2,35 €
210510	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 10 x 1mm	2,93 €
210512	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 12 x 1mm	3,20 €
210515	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 15 x 1mm	4,05 €
210518	TUBO COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 18 x 1mm	5,07 €

tubo de cobre cromado en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210100	TUBO COBRE CROMADO EN ROLLOS 10 x 1mm	4,00 €
210101	TUBO COBRE CROMADO EN ROLLOS 12 x 1mm	4,57 €

tubo de cobre recocido para gas en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210116	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 15x1,5mm	9,45 €
210115	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 18x1,5mm	7,04 €
210117	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 22x1,5mm	12,73 €



**TUBERIAS
Y HERRAMIENTAS**



ACCESORIO COBRE



codo 90° HH



90

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211901	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 12	1,16 €
211902	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 15	1,16 €
211903	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 18	1,71 €
211904	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 22	2,82 €
211905	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 28	4,69 €
211906	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 35	18,82 €
211907	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 42	30,86 €
211908	ACCESORIO COBRE 90 CODO 90° HH 54	58,62 €

codo 90° MH



92

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211921	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 12	2,48 €
211922	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 15	1,25 €
211923	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 18	2,74 €
211924	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 22	4,24 €
211925	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 28	7,47 €
211926	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 35	29,62 €
211927	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 42	42,01 €
211928	ACCESORIO COBRE 92 CODO 90° MH 54	81,55 €

curva 90° HH



2

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211020	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 12	1,14 €
211021	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 15	1,55 €
211022	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 18	2,24 €
211023	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 22	3,47 €
211024	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 28	5,59 €
211025	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 35	15,45 €
211026	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 42	21,37 €
211027	ACCESORIO COBRE 2 CURVA 90° HH 54	60,31 €

curva 90° MH



1

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211011	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 12	2,01 €
211012	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 15	1,59 €
211013	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 18	2,49 €
211014	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 22	3,46 €
211015	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 28	9,57 €
211016	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 35	28,18 €
211017	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 42	42,28 €
211018	ACCESORIO COBRE 1 CURVA 90° MH 54	78,60 €

www.ynstalia.com



**TUBERIAS
Y HERRAMIENTAS**



ACCESORIO COBRE



curva 45° HH



41

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211409	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 12	4,25 €
211410	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 15	1,43 €
211411	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 18	3,05 €
211412	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 22	3,50 €
211413	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 28	6,27 €
211414	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 35	21,93 €
211415	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 42	38,61 €
211416	ACCESORIO COBRE 41 CURVA 45° HH 54	70,58 €

curva 45° MH



40

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211401	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 12	2,92 €
211402	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 15	1,32 €
211403	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 18	3,10 €
211404	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 22	3,02 €
211405	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 28	6,40 €
211406	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 35	24,16 €
211407	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 42	42,20 €
211408	ACCESORIO COBRE 40 CURVA 45° MH 54	70,58 €

manguito HH



270

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211271	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 12	0,71 €
211272	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 15	0,65 €
211273	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 18	1,01 €
211274	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 22	1,63 €
211275	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 28	2,97 €
211276	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 35	7,36 €
211277	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 42	14,07 €
211278	ACCESORIO COBRE 270 MANGUITO HH 54	23,80 €

te igual HHH



130

CODIGO	DESCRIPCION	PVP
211131	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 12	2,11 €
211132	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 15	1,80 €
211133	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 18	3,60 €
211134	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 22	5,35 €
211135	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 28	9,76 €
211136	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 35	28,30 €
211137	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 42	53,15 €
211138	ACCESORIO COBRE 130 TE IGUAL HHH 54	90,08 €


www.ynstalia.com

VASO DE EXPANSIÓN

Direnova
Aprovecha la energía del sol

ENERGÍAS RENOVABLES - ENERGÍAS RENOVABLES

CONTROLES PARA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA - Controis para energia solar térmica



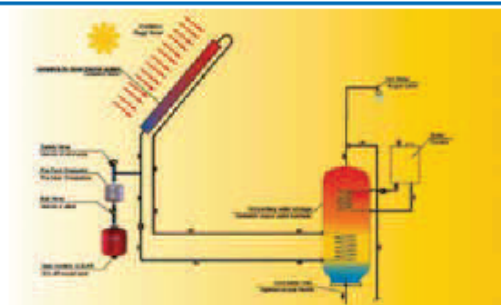
Vaso de expansión para sistemas de energía solar


Vaso de expansión para sistemas solares con membrana intercambiable de 12lts a 24 lts y membrana fija de 35 lts a 600 lts. De 12 lts a 24 lts se suministran con brida en acero cincado con protección interior de PP. Se suministran precargados.

*Brida con protección interna de polipropileno de 12 a 24 lts

- Pmax 10 bar
- Temperatura sistema: -10°C a +100°C (punta 130°C)
- Mezcla agua/glicol 50%
- Precarga: 2,5 bar
- Color: rojo
- Directiva: PED 97/23/CE

Referencia	Código	Descripción	Cantidad	PVP/€
SOLAR 8	06400008WS	8 lts 3/4" G BUTILO	1	45,00
SOLAR 12	06400012WS	12 lts 3/4" G BUTILO	1	48,65
SOLAR 18	06400018WS	18 lts 3/4" G BUTILO	1	57,75
SOLAR 24	06400024S	24 lts 3/4" G BUTILO	1	67,15
SOLAR 35	06400035S	35 lts 3/4" G SBR	1	91,70
SOLAR 50	06400050S	50 lts 3/4" G SBR	1	102,10
SOLAR 80	06400080S	80 lts 3/4" G SBR	1	177,15
SOLAR 100	06400100S	100 lts 3/4" G SBR	1	218,05
SOLAR 150	06400150S	150 lts 1" G SBR	1	350,30
SOLAR 200	06400200S	200 lts 1" G SBR	1	450,10
SOLAR 250	06400250S	250 lts 1" G SBR	1	462,90
SOLAR 300	06400300S	300 lts 1" G SBR	1	528,75
SOLAR 400	06400400S	400 lts 1" G SBR	1	814,90
SOLAR 500	06400500S	500 lts 1" G SBR	1	1.007,40
SOLAR 600	06400600S	600 lts 1" G SBR	1	1.260,80






Vaso de expansión disipador para sistemas de energía solar

-Pmax 10 bar
 -Temperatura sistema: -10°C a +100°C

Referencia	Código	Descripción	Cantidad	PVP/€
SOLARDISIPAT12	0642012SD	12 lts 3/4" G	1	35,00
SOLARDISIPAT18	0642018SD	18 lts 3/4" G	1	38,95
SOLARDISIPAT24	0642024SD	24 lts 3/4" G	1	46,50



Soporte para vaso expansión solar

Soporte con fijación al muro para vasos expansión hasta 24 lts modelo ERE, ACS, AFC y SOLAR.

Referencia	Código	Cantidad	PVP/€
BRACKET2	0653016D	1	15,80
BRACKET3	060530160420	1	18,00

ACUMULADOR

SALVADOR ESCODA S.A.
 www.salvadorescoda.com

Provença, 392 pl. 1 y 2
 08025 BARCELONA
 Tel. 93 446 27 80
 Fax 93 456 90 32

TARIFA DE PRECIOS

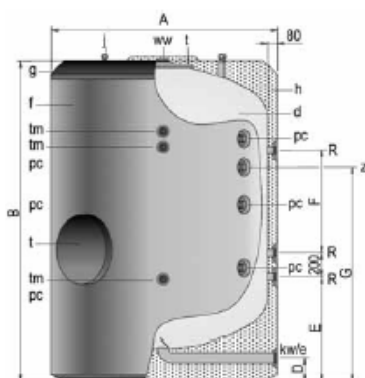
I.V.A. NO INCLUIDO. CONSULTE POSIBLES ACTUALIZACIONES

01 DEPÓSITOS DE GRAN CAPACIDAD VITRIFICADOS

IDROGAS

garantía
5 años

PORTES
DEBIDOS
VER TABLA
PÁG. N23



Mod. IMV-...-RB

t- Boca de hombre DN400
 d- Depósito acumulación ACS
 f- Forro externo (opcional)
 g- Cubierta superior (opcional)
 h- Aislamiento térmico
 i- Cáncamos para transporte

Nueva serie de depósitos acumuladores de gran capacidad, para instalaciones de ACS IDROGAS. Fabricados en acero vitrificado s/DIN 4753. Con capacidades de 1.500 a 5.000 litros, todos los depósitos acumuladores de la nueva serie IDROGAS van aislados con 80 mm de espesor de espuma rígida de poliuretano de densidad optimizada y libre de CFC, inyectada en molde, lo que hace que una de las características de la nueva serie sea su gran capacidad de acumulación. Con boca lateral DN 400.

Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas e incorporan de serie la protección catódica permanente CORREX UP.

* En el acumulador IDROGAS con aislamiento de poliuretano rígido, el forro es siempre opcional ya que no es necesario para su perfecto funcionamiento y prestaciones, cumple exclusivamente una función estética. Al contrario que los acumuladores del mercado con aislamiento flexible en los que el forro de plástico es imprescindible al llevar incorporado el aislamiento.

Modelo RB

Depósito acumulador, sin sistema de intercambiador de serpentines, destinado a funciones de acumulación de ACS, mediante una producción externa, p.e. intercambiador de placas.

Código	Artículo	€
DEPOSITO ACUMULADOR SERIE IMV-RB		
CC 01 801	IMVV 1500 RB	3.180,00
CC 01 802	IMVV 2000 RB	3.256,00
CC 01 803	IMVV 2500 RB	4.081,00
CC 01 804	IMVV 3000 RB	4.451,00
CC 01 805	IMVV 3500 RB	5.065,00
CC 01 806	IMVV 4000 RB	5.387,00
CC 01 807	IMVV 5000 RB	6.553,00

Sistema de protección catódica "Correx up"

Equipo de protección catódica, libre de mantenimiento, compuesto por ánodo permanente, potenciómetro regulador, cableado e instrucciones de conexión y montaje.

Sistema incorporado de serie en los modelos vitrificados.



MODELO RB - DATOS TÉCNICOS		Ref. tamaño acumulador						
		1500RB	2000RB	2500RB	3000RB	3500RB	4000RB	5000RB
Capacidad de ACS	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temp. máx. en continuo depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S.	bar	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	390	450	630	690	755	880	1040
kw/e: Entrada de agua fría/desagüe	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
ww: Salida de ACS	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
R: conexión resistencia	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	*GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Diámetro exterior: A	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Longitud total: B	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Cota D	mm	175	175	200	200	200	200	200
Cota E	mm	680	680	805	805	805	875	875
Cota F	mm	330	780	300	590	875	465	870
Cota G	mm	1110	1555	1250	1540	1755	1450	1805

N-12

AGUA CALIENTE SANITARIA

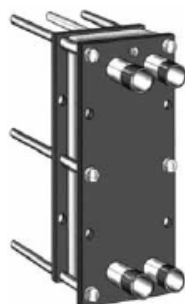
INTERCAMBIADOR DE CALOR

07 INTERCAMBIADORES DE PLACAS INOXIDABLE



T2B

Código	Modelo	Nº de placas	Tipo de placa	Tipo de junta	Temp. Max °C	€
SO 20 005	T2BFG5	5	H	EPDMCT	150	457,00
SO 20 007	T2BFG7	7	H	EPDMCT	150	501,00
SO 20 012	T2BFG12	12	H	EPDMCT	150	599,00
SO 20 018	T2BFG18	18	H	EPDMCT	150	725,00
SO 20 108	M3FG8	8	H	EPDMCT	140	726,00
SO 20 112	M3FG12	12	H	EPDMCT	140	837,00
SO 20 115	M3FG15	15	H	EPDMCT	140	924,00
SO 20 117	M3FG17	17	H	EPDMCT	140	981,00
SO 20 120	M3FG20	20	H	EPDMCT	140	1.066,00
SO 20 123	M3FG23	23	H	EPDMCT	140	1.152,00
SO 20 127	M3FG27	27	H	EPDMCT	140	1.266,00
SO 20 128	M3FG28	28	H	EPDMCT	140	1.295,00
SO 20 130	M3FG30	30	H	EPDMCT	140	1.351,00
SO 20 134	M3FG34	34	H	EPDMCT	140	1.466,00
SO 20 135	M3FG35	35	H	EPDMCT	140	1.494,00
SO 20 138	M3FG38	38	H	EPDMCT	140	1.580,00
SO 20 143	M3FG43	43	H	EPDMCT	140	1.722,00
SO 20 325	M6MFG25	25	H	EPDMCT	160	2.542,00
SO 20 330	M6MFG30	30	H	EPDMCT	160	2.851,00
SO 20 335	M6MFG35	35	H	EPDMCT	160	3.160,00



M3FG

PRODUCCIÓN DE A.C.S. CON PANEL SOLAR

Modelo	Nº Placas	Paneles	(1º) Panel 55°C		(2º) A.C.S. 45°C		Pot. Kcal/h
			l/h	m.c.a.	l/h	m.c.a.	
M3FG H	8	5	600	0,77	600	1,17	6.000
M3FG H	12	10	1.200	1,22	1.200	1,52	11.400
M3FG H	20	20	2.400	1,76	2.400	1,89	22.800
M3FG H	28	30	3.600	2,06	3.600	2,08	34.200
M3FG H	35	40	4.800	2,53	4.800	2,23	45.600
M3FG H	43	50	6.000	2,64	6.000	2,33	56.400
TsM L	21	60	7.200	2,46	7.200	2,07	67.800
TsM L	23	70	8.400	2,98	8.400	2,50	79.200
TsM L	27	80	9.600	2,62	9.600	2,21	90.600
TsM L	29	90	10.800	2,91	10.800	2,45	102.000
TsM L	33	100	11.900	2,74	11.900	2,30	112.800

Criterios de selección:

Temperatura primario: 55°C, ... 45°C

Temperatura secundario: 35°C, ... 45°C

Pérdida de carga cto. Solar: Máx. 5 m.c.a.



N-38

AGUA CALIENTE SANITARIA

PURGADOR DE AIRE

SOLARFAR

FAR
flow evolution UNI EN ISO 9001:2008

SOLAR-FAR - Purgador de aire automático con descarga en posición horizontal para instalaciones solares.

- Cuerpo en latón estampado CW617N
- Presión nominal: 10 bar
- Presión diferencial máxima de funcionamiento: 4 bar
- Temperatura máxima de ejercicio: 160°C



ART. 2042

Código	medida	conf	caja
2042 38	3/8"	10	100
2042 12	1/2"	10	100

VÁLVULA DE SEGURIDAD

SOLAR-FAR - Válvula de seguridad cromada para instalaciones solares.

- Presión de tarado: 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 10 bar
- Medida de entrada: 1/2" hembra
- Medida de salida: 3/4" hembra
- Temperatura máxima: 160°C

Conforme a la directiva 97/23/CE "PED" categoría IV y a la ley 25.02.2000 n.93.



ART. 2006

Código	bar	medida	conf	caja
2006 123425	2,5	1/2"	10	100
2006 123430	3	1/2"	10	100
2006 123435	3,5	1/2"	10	100
2006 123440	4	1/2"	10	100
2006 123450	5	1/2"	10	100
2006 123460	6	1/2"	10	100
2006 123470	7	1/2"	10	100
2006 123480	8	1/2"	10	100
2006 123400	10	1/2"	10	100